



PROYECTO FIN DE CARRERA

**Instalación de colectores solares para
suministro de ACS en Valencia**

DAVID FUENTES CANTERO

TUTOR: M^a CARMEN RODRIGUEZ HIDALGO

Ingeniería Técnica Industrial: Mecánica

Departamento de Ingeniería Térmica



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 CONCEPTOS GENERALES	5
1.2 PROTOCOLO DE KIOTO	11
1.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA	12
1.4 LA ENERGÍA SOLAR	12
1.5 CONCLUSIONES	14
2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO	15
2.1 EL PROYECTO	16
2.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	17
2.3 DATOS PREVIOS	18
2.3.1 DATOS METEOROLÓGICOS	18
2.3.2 RADIACIÓN INCIDENTE	19
3. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	22
3.1 CONSIDERACIONES INICIALES	23
3.1.1 NECESIDADES MEDIAS MENSUALES	23
3.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE ACS	25
3.3 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA	27
3.4 CAUDAL DIARIO DE ACS	29
3.5 SELECCIÓN DEL COLECTOR SOLAR	30
4. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN	33
4.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	34
4.1.1 MÉTODO F-CHART	34
4.1.2 APLICACIÓN DEL PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA	44
4.2 PÉRDIDAS EN LOS COLECTORES SOLARES	48
4.2.1 PÉRDIDAS PRODUCIDAS POR SOMBRAS	48
4.2.2 PÉRDIDAS PRODUCIDAS POR VIENTO	50
4.2.2.1 RAMA DE PÉRDIDAS DE CALOR ÚTIL	51
4.2.2.2 RAMA DE PÉRDIDAS EN LA PARTE INFERIOR DEL COLECTOR	53
4.2.2.3 RAMA DE PÉRDIDAS EN LA PARTE SUPERIOR DEL COLECTOR	56
4.3 CONCLUSIONES	67
5. FLUIDO CALOPORTADOR	68
5.1 SELECCIÓN DEL FLUIDO	69
6. DISPOSICIÓN DE LA INSTALACIÓN	72
6.1 DISPOSICIÓN GENERAL	73
7. INSTALACIÓN	75
7.1 DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN	76
7.2 MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	111
8. ESTUDIO AMBIENTAL	114
8.1 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO	115
8.2 LEGIONELA	118
8.3 EFECTO INVERNADERO	119
8.4 GENERACIÓN DE CO ₂	122
8.5 EMISIONES DE CO ₂ AHORRADAS	123



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

9. ESTUDIO ECONÓMICO	125
9.1 INVERSIÓN INICIAL	126
9.2 PERÍODO DE AMORTIZACIÓN	128
10. CONCLUSIONES	130
11. BIBLIOGRAFÍA	132
12. ANEXOS	133
ANEXO 1: CATÁLOGO DE FABRICANTES	134
ANEXO 2: PLANOS	160



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN



1.1 CONCEPTOS GENERALES

El uso de energías renovables se configura como una exigencia inevitable, tanto desde un punto de vista social como técnico. El aumento exponencial del consumo de energía, relacionado con el desarrollo tecnológico de las sociedades post-industriales y las afecciones ambientales que conlleva, con las nuevas regulaciones que limitan las emisiones de CO₂, conducen a la búsqueda de energía no contaminantes, y especialmente aquellas que aprovechan el ciclo natural de nuestro planeta y no interfieren en él.

El 17 de Octubre de 1973 comienza lo que se denomina como la primera gran crisis del petróleo, a raíz de la decisión de la Organización de los Países Exportadores de Petróleo Árabes de no exportar más petróleo a los países que habían apoyado a Israel durante la guerra del Yom Kippur, que enfrentaba a Israel con Siria y Egipto. Esta medida incluía a Estados Unidos y sus aliados de Europa Occidental.

Tras esta primera crisis las potencias mundiales toman conciencia de la importancia de aumentar la investigación y desarrollo de nuevas fuentes energéticas, vitales para el desarrollo tecnológico de cualquier nación.

Salvo descubrimientos de nuevos yacimientos de petróleo, la duración de las reservas existentes actualmente está entorno a los 40 años, por lo que se hace necesario un cambio de rumbo en el pensamiento de los países acerca de las nuevas fuentes de energía.

La demanda de energía eléctrica en España es mayor cada año que pasa. También, tenemos una elevada dependencia energética del exterior, ya que España importa más del 80 % de la energía primaria que utiliza frente al 50% de media en la Unión Europea. A todo esto, también tenemos que añadir la preocupación existente por llevar a cabo una reducción significativa en las emisiones contaminantes. Todo ello contribuye a la necesidad de promover nuevas acciones energéticas.

Una de las acciones que se promueven es el uso de la energía solar térmica como medio para reducir el consumo energético de fuentes no renovables y así reducir, en lo posible, la dependencia energética del exterior.

El código técnico de la edificación, aprobado por el real decreto 314/2006, obliga a los edificios de nueva construcción, así como a los edificios que realicen obras de ampliación, modificación reforma o rehabilitación a la instalación de sistemas solares térmicos.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Otra de las razones que impulsa el desarrollo de estas energías renovables es que la principal causa de contaminación atmosférica es la energía de origen fósil. El 80% de la energía consumida a escala mundial procede de combustibles fósiles, siendo, tan sólo, el 4% procedente de fuentes renovables.

El aprovechamiento de la radiación solar para la generación de energía, no es ni mucho menos una tecnología novedosa. El situar un recipiente con agua al sol para que se caliente es una práctica que se pierde en la historia.

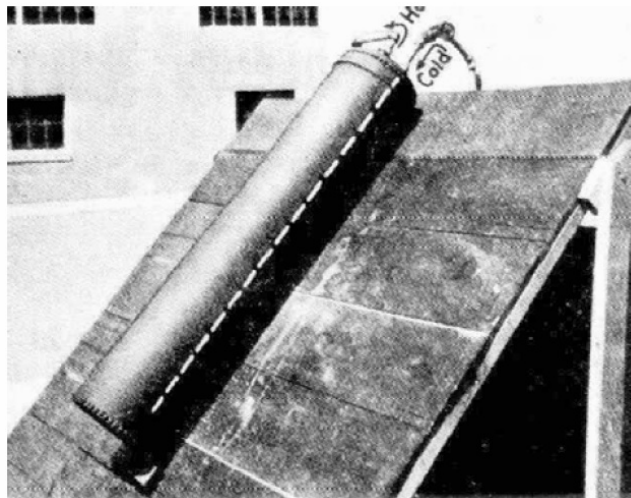


FIG 1.1 Aprovechamiento inicial de la Energía Solar. (Fuente: IMF)

El inicio de la tecnología solar térmica puede establecerse en los últimos años del siglo XIX. Los primeros calentadores solares diseñados eran equipos obviamente rudimentarios, artesanales, pero con un funcionamiento básico similar a los actuales.

El primer captador solar térmico comercial fue patentado por Clarence Kemp en 1891 en EEUU.

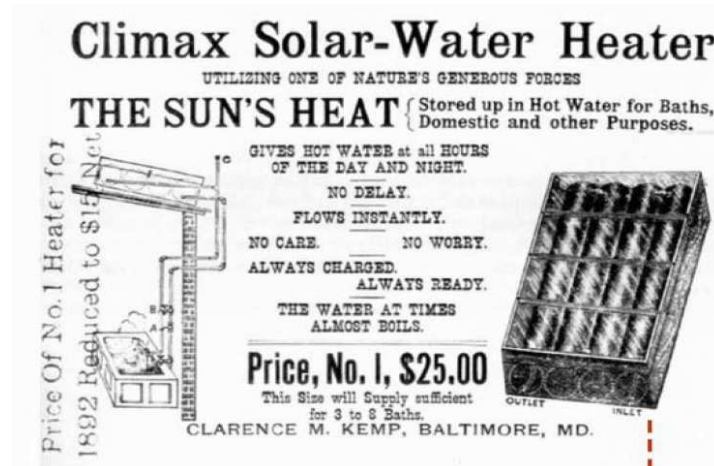


FIG 1.2. Primer captador solar. (Fuente: IMF)

Poco a poco el desarrollo de los captadores solares ha ido evolucionando hasta la sofisticación de la actualidad.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

No hace falta ser muy inteligente para darse cuenta que las energías renovables son el futuro. En un mundo en el que las emisiones de gases contaminantes cada vez se hacen más visibles en la climatología, no queda otro remedio que apostar por energías “limpias” que aparte de proporcionar el aporte energético necesario, sean respetuosas con el medio ambiente.

España se encuentra en una zona climatológica beneficiosa para el aprovechamiento de la energía solar térmica, pero desgraciadamente, esto no ha sido un factor fundamental a la hora de impulsar esta tecnología. Países con peores condiciones climatológicas nos sacan una gran ventaja en este campo.

Así, a finales de 2005, la potencia térmica instalada en España era ridícula en comparación con otros países con peores condiciones:

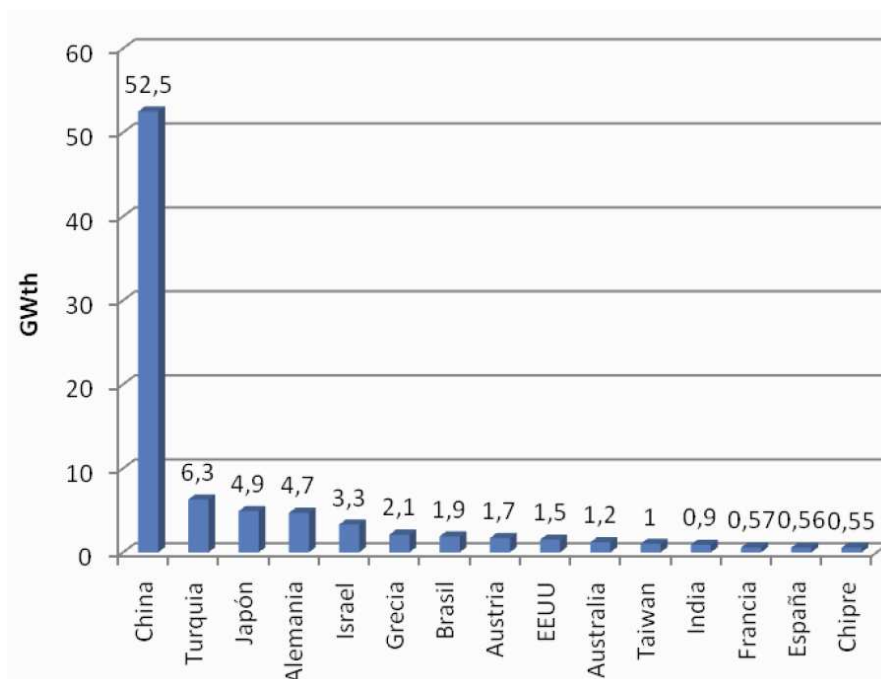


FIG 1.1. Potencia Térmica instalada en 2005. (Fuente: IMF)

En España el 25% de la energía se consume en el hogar, y la mayor parte se invierte en calentar agua y calefacción. En el siguiente gráfico observamos la evolución que se prevé de la demanda de energía primaria en España:



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

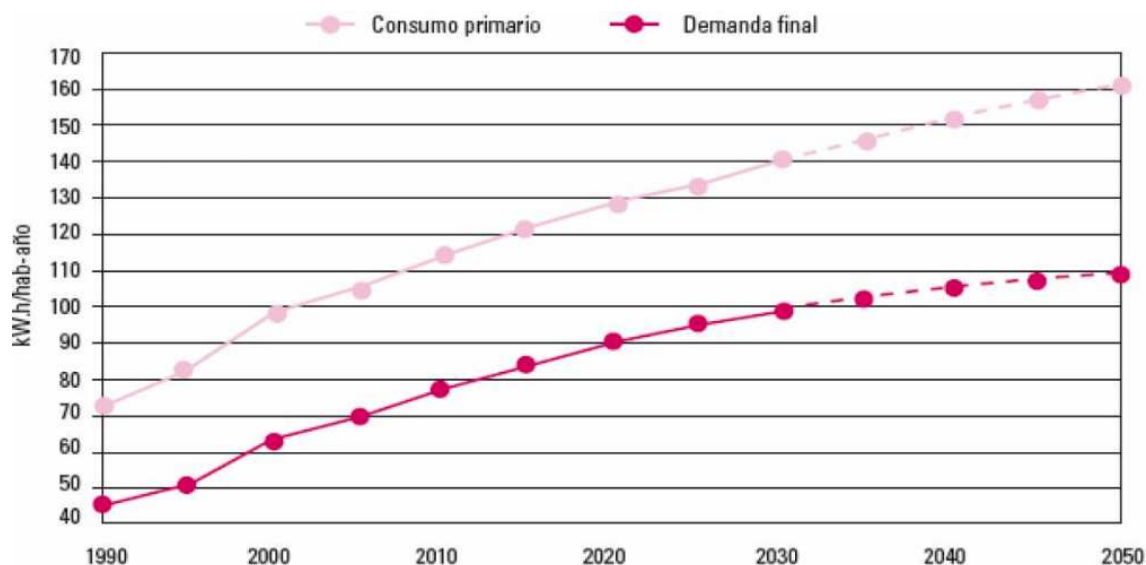


FIG. 1 4. Demanda de Energía primaria. (Fuente: IDAE)

Así pues, se antoja necesario un cambio en la política energética del país de manera que aumente el interés por desarrollar estas fuentes de energías limpias y así eliminar también la dependencia energética del exterior.

No obstante, el momento actual del sector solar térmico español es de grandes expectativas, con un crecimiento presente importante, que se prevé continúe y aumente en el futuro. Para lograr los objetivos marcados para el año 2010, se prevé un crecimiento como el mostrado en la siguiente figura:

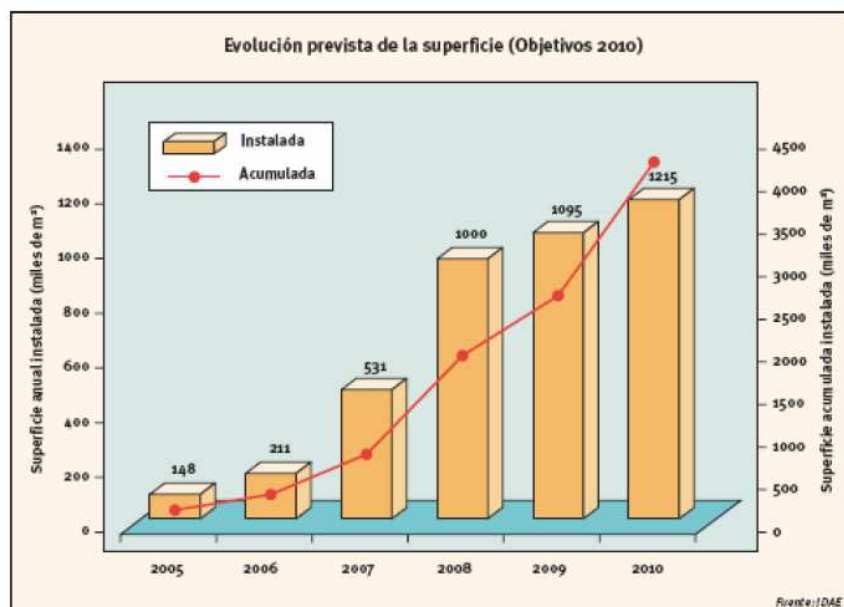


FIG 1.5. Evolución prevista de la superficie de captadores solares. (Fuente: IMF)



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Por tanto, la situación de España en términos de energía solar en la actualidad es bastante ambiciosa, con un crecimiento esperado bastante óptimo intentando recuperar el tiempo perdido.

En el caso que nos ocupa, la comunidad Valenciana, posee una situación climatológica bastante favorable, con un gran aporte solar, como se puede ver en la siguiente figura.

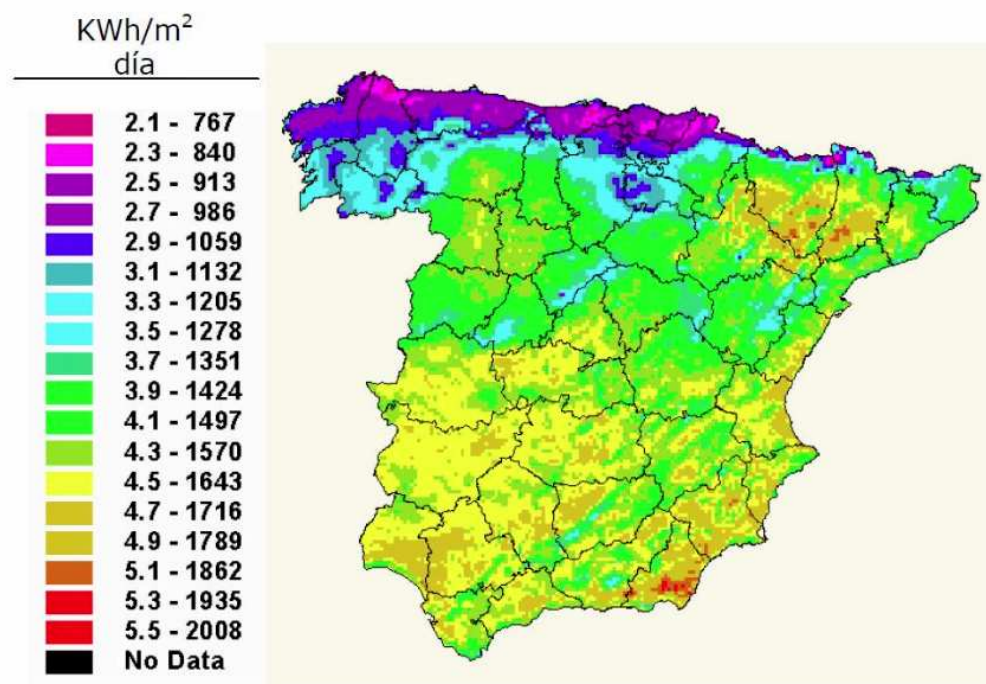


FIG 1.6. Radiación Solar en España. (Fuente: IMF)

A pesar de ello, tampoco ocupa un lugar de privilegio en cuanto a la superficie de captación, y esto debe ser un valor añadido en cuanto al impulso de esta tecnología.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

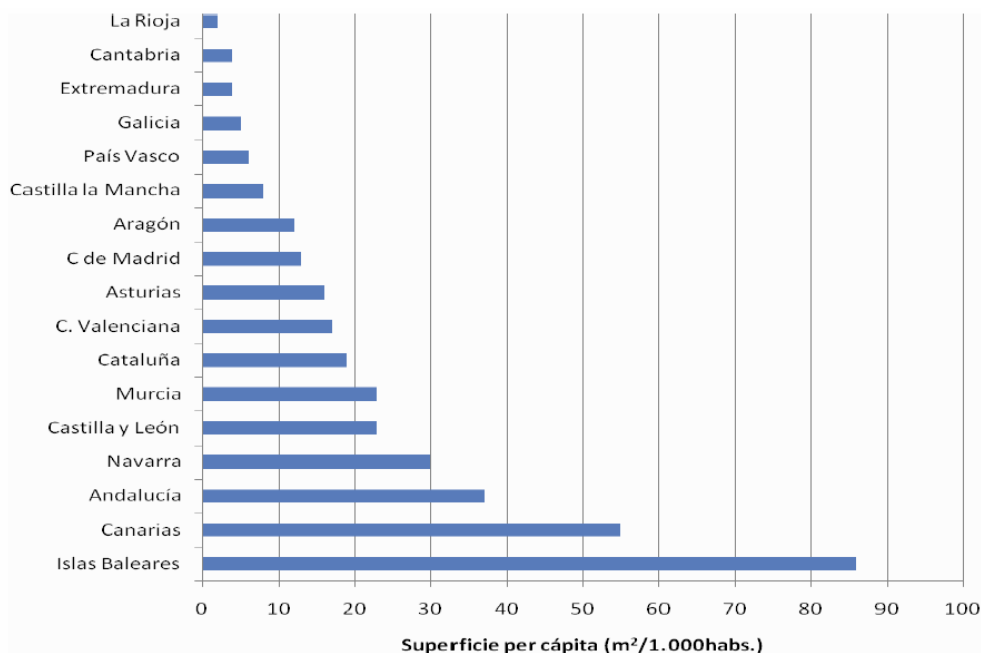


FIG 1.7. Superficie instalada por población. (Fuente: IMF)

Poco a poco, la población va tomando conciencia de los efectos que tiene la emisión de gases contaminantes y el cambio climático que esto está produciendo. Por ello, cada día más, se va tomando conciencia de la importancia de apostar por este tipo de energías en el futuro.

El proyecto realizado deja constancia que la Energía Solar es una fuente limpia, que abarata los costes de consumo y no aporta contaminación a la atmósfera. Si a los beneficios que produce climatológicamente hablando, se le suman los beneficios económicos que se evidencian en el presente proyecto, podemos estar hablando de una de las energías renovables más importantes en el futuro próximo.



1.2 EL PROTOCOLO DE KIOTO

El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados se comprometieron, en la ciudad de Kioto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Los gobiernos signatarios pactaron reducir en un 5% de media las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004.

El objetivo principal es disminuir el cambio climático de origen antropogénico cuya base es el efecto invernadero. Según las cifras de la ONU, se prevé que la temperatura media de la superficie del planeta aumente entre 1,4 y 5,8 °C de aquí a 2100, a pesar que los inviernos son más fríos y violentos. Esto se conoce como Calentamiento global. «Estos cambios repercutirán gravemente en el ecosistema y en nuestras economías», señala la Comisión Europea sobre Kioto.

El protocolo de Kioto trata de lograr que para el periodo 2008-2012 que los países desarrollados disminuyan sus emisiones totales de seis gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆) un 5,2 % menos del nivel de emisiones de 1990.

Además del cumplimiento que estos países hicieron en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que se utilice también energías no convencionales y así disminuya el calentamiento global.

España dispone de la segunda cuota más generosa de emisiones bajo el Protocolo de Kioto. Se le autoriza un nivel de emisiones del 15% superior al del año 1990, mientras que el objetivo de la Unión Europea es reducir en un 8% los niveles de emisión del año 1990. A pesar de ello, España está muy lejos de alcanzar este objetivo. Los últimos datos disponibles sitúan las emisiones españolas en un 43% por encima de las emitidas en 1990, superando en casi el triple el límite impuesto por el Protocolo de Kioto. Es más, España se sitúa a la cola de Europa en términos de cumplimiento de los compromisos sobre emisiones.

Es por ello, que se deben impulsar de manera determinante la investigación y utilización sobre las energías renovables y así poder cumplir los objetivos marcados en el Protocolo de Kioto.



1.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética es la mejora del aprovechamiento de la energía manteniendo el mismo nivel de servicios energéticos. Es decir:

- Es un menor uso de la energía para obtener el mismo confort.
- Es la combinación de la preservación del medio ambiente y el aprovechamiento de los recursos.

Para conseguir una mayor eficiencia energética se proponen nuevas soluciones a las ya conocidas por todos, como son las energías renovables, o también denominadas energías limpias. No se trata de reducir o limitar nuestras acciones energéticas, sino usar los recursos de manera eficiente para lograr un mayor aprovechamiento de la energía.

1.4 LA ENERGÍA SOLAR

La mayor parte de energía que llega a nuestro planeta procede del Sol, en forma de radiación electromagnética. La energía solar es la energía obtenida directamente del Sol. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar, o directamente, a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es un tipo de energía renovable y limpia, lo que se conoce como energía verde, la cual, puede ser transformada en energía térmica o eléctrica.

La energía solar es una de las fuentes de energía renovable que más desarrollo está experimentando en los últimos años y con mayores expectativas para el futuro. Cada año el sol arroja sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que se consume, lo que demuestra que esta fuente energética está aún infravalorada y sobre todo poco explotada en relación a sus posibilidades. El aprovechamiento de la energía solar consiste en captar por medio de diferentes tecnologías la radiación del sol que llega a la tierra con el fin de emplear esa energía para diferentes usos, como calentar agua, generar electricidad, etc.



FIG. 1 1. La energía del Sol. (Fuente: CENSOLAR)



La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m^2 en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia.

La idea es concentrar la energía que aporta el sol y transformarla en calor aprovechable para múltiples aplicaciones, como puede ser la obtención de agua caliente sanitaria, calefacción de baja temperatura, climatización de piscinas o aire acondicionado mediante máquinas de absorción.

El desarrollo de la energía solar está aún muy limitado en España, a pesar de ser uno de los países europeos junto a Grecia, Italia o Portugal con mayor radiación solar. Algunas de las causas de la escasa implantación de este tipo de energía son la falta de concienciación ecológica y la necesidad de realizar una inversión inicial alta que no todo el mundo está dispuesto a asumir. No obstante, durante los últimos años los costes se han abaratado de manera importante y, además, las instalaciones solares cuentan con importantes ayudas y subvenciones por parte de las instituciones para intentar fomentar su consumo.

Las ventajas de la energía solar son numerosas respecto a las energías convencionales. En primer lugar es la fórmula energética más respetuosa con el medio ambiente y sus recursos son inagotables, por lo que reduce la dependencia energética de energías fósiles y contaminantes como el petróleo. Por último, facilita el autoabastecimiento y permite generar energía cerca de donde se necesita sin necesidad de costosas infraestructuras para su transporte.



1.5 CONCLUSIONES

- La energía solar térmica en España se encuentra muy por debajo de su capacidad, siendo superada en su utilización por países menos propensos climatológicamente hablando. La instauración del Código Técnico de la Edificación supondrá un impulso en la utilización de esta energía. En el siguiente cuadro proporcionado por EurObserv'ER podemos observar este hecho más claramente.

País	Superficie instalada (m2)
Alemania	8.574.000
Grecia	3.287.200
Austria	2.838.700
Francia	1.160.400
Italia	866.350
España	681.700
Países Bajos	646.160
Chipre	560.160

TABLA 1 1.Superficie de colectores instalada. (Fuente: EurObserv'ER, 2007)

- Existe una importante barrera económica en las instalaciones solares, ya que supone pagar por adelantado la energía futura que se va a obtener del sistema. No obstante en los últimos años se han abaratado los costes de estas instalaciones, y cuentan con importantes subvenciones y ayudas.
- También existe un importante trabajo de concienciación social acerca de esta energía, exponiendo sus ventajas a la población, y generando un mayor conocimiento sobre la situación ambiental y la necesidad de la utilización de energías limpias. Empezamos a darnos cuenta que el petróleo es una fuente de energía agotable y que es necesario impulsar nuevas energías, que, a la vez que satisfagan las necesidades energéticas y también reduzcan las emisiones contaminantes al exterior. También empezamos a tener conciencia de los irreparables daños que estamos causando al medioambiente.
- Por último, también cabe destacar que España está en una situación comprometida en cuanto el cumplimiento del protocolo de Kioto (referente a la emisión de gases contaminantes en España), y por ello, es de vital importancia impulsar estas energías renovables para disminuir de manera considerable las emisiones de CO₂ al exterior y así poder cumplir el mismo.



CAPÍTULO 2

DEFINICIÓN DEL

PROYECTO



2.1 EL PROYECTO

El proyecto ha realizar trata de la instalación de colectores solares planos para suministrar agua caliente sanitaria a 18 viviendas unifamiliares adosadas que se encuentran en la ciudad de Valencia.

Se trata de aprovechar la energía solar como medio para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria en todas estas viviendas. El estudio tratará de evidenciar las ventajas que conlleva el uso de la energía aportada por el sol frente a los sistemas convencionales, ya que como se verá, supone una disminución en la cantidad de emisiones contaminantes y un ahorro económico a medio plazo.

Para llevar a cabo este proyecto se deberá instalar los colectores necesarios para el suministro de agua caliente sanitaria en las viviendas especificadas, según la normativa vigente que establece el Código Técnico de la Edificación y la Ordenanza municipal del Ayuntamiento de Valencia.

Estas viviendas están distribuidas de la siguiente manera:

3 dormitorios por vivienda (1 doble y 2 sencillos), 2aseo y 2 baños.



FIG. 2 1. Colectores solares en viviendas. (Fuente: IMF)



2.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto que se describe se realizará en una urbanización de 18 chalés adosados de tres alturas en la ciudad de Valencia.

El cuarto de calderas será ubicado en una zona anexa a las viviendas de manera que quede lo más próximo posible a la zona de captadores.

En los alrededores de la urbanización no existen zonas con obstáculos a tener en cuenta como pueden ser árboles de gran tamaño o edificios altos que puedan producir sombras en nuestros captadores y por tanto pérdidas en los mismos.

También es importante destacar que los chalets están distribuidos en dos filas, compuestas por 14 viviendas una de ellas y 4 la otra.

Cada una de estas viviendas está compuesta de la siguiente manera:

- 3 dormitorios
- 2 aseos
- 2 baños

Por tanto, y siguiendo las especificaciones del CTE, cada vivienda estará habitada por 4 personas de media.

También cabe destacar en este apartado que situaremos las placas solares orientadas hacia el Sur, porque es la orientación más favorable para la captación solar de los mismos.



2.3 DATOS PREVIOS

Antes de realizar todos los cálculos necesarios para definir las dimensiones de la instalación y el número de captadores necesarios para la misma, debemos conocer todos los datos climatológicos de la ciudad como se muestra a continuación.

2.3.1 DATOS METEOROLÓGICOS

En este apartado recopilaremos los datos meteorológicos de la ciudad de Valencia necesarios para la realización del proyecto.

	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura de red (°C)	Horas de sol diarias
Enero	12	8	8
Febrero	13	9	9
Marzo	15	11	9
Abril	17	13	9.5
Mayo	20	14	9.5
Junio	23	15	9.5
Julio	26	16	9.5
Agosto	27	15	9.5
Septiembre	24	14	9
Octubre	20	13	9
Noviembre	16	11	8
Diciembre	13	8	7.5
Media anual	18.83	12.25	8.9

TABLA 2.1 Datos meteorológicos. (Fuente: CENSOLAR)

Los datos de las temperaturas ambiente y de red, y las horas de sol diarias que se muestran en la gráfica anterior, son obtenidos de Censolar.



2.3.2 RADIACIÓN INCIDENTE

Antes de llegar a la tierra, la radiación solar tiene que atravesar una masa gaseosa que representa aproximadamente 8 km de atmósfera. Este último recorrido se traducirá en una disminución sensible del flujo energético por unidad de superficie debido a fenómenos de difusión, absorción y reflexión de los elementos existentes en la atmósfera (nubes, polvo, humo, etc.).

El albedo de la tierra, es decir, su brillo o capacidad de reflejar la energía, es de alrededor de un 0.3, lo que significa que un 30% de la radiación que se recibe es devuelta al espacio por la reflexión de la tierra. Se calcula que aproximadamente la mitad de este albedo es causado por las nubes, aunque este valor es, lógicamente, muy variable, dependiendo del lugar y otros factores. El 70% de la energía restante es absorbida.

La intensidad de la radiación solar depende en última instancia de la altura solar, determinada por la longitud de la trayectoria dentro de la atmósfera que han de atravesar los rayos, del lugar y la latitud del punto de interés. Cuanto más cerca de los polos esté el lugar considerado, más grande será la masa atmosférica atravesada y menos potente será entonces el flujo energético.

Esto va a la par con el ángulo de incidencia de los rayos en la superficie, a mayor inclinación menos potencia solar.

En la siguiente gráfica podemos observar los porcentajes de radiación que recibe la tierra, así como las reflexiones que se produce en la misma.

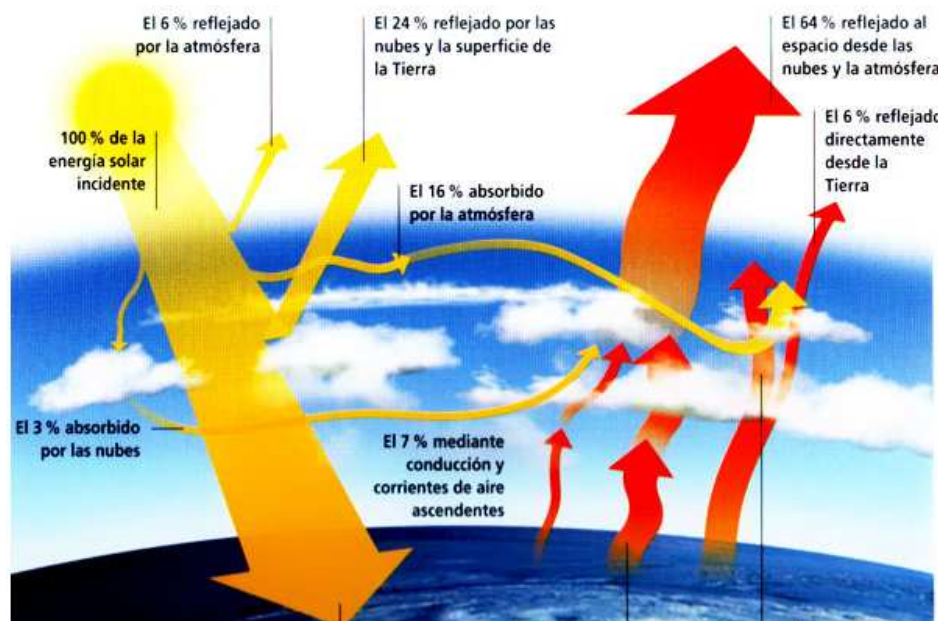


FIG.2.2. Radiación Solar. (Fuente: www.astroyciencia.com)

Los datos relativos a la energía incidente que se muestran a continuación, están referidos para un día tipo de cada mes de la ciudad de Valencia.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Ang.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Ju.	Jl.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Rad. anual	Invierno
0	8,65	11,16	15,97	22,02	22,36	24,16	24,70	21,69	17,93	12,87	9,24	7,27		
20	12,9	14,7	18,9	21,2	22,1	23,2	24,0	22,3	20,3	16,4	13,2	11,0	6602	2624
25	13,7	15,3	19,3	21,2	21,8	22,6	23,5	22,2	20,5	17,0	14,0	11,8	6694	2750
30	14,5	15,9	19,7	21,1	21,3	22,0	22,9	21,9	20,7	17,5	14,7	12,5	6748	2858
35	15,2	16,4	19,9	20,9	20,7	21,3	22,2	21,5	20,8	18,0	15,4	13,2	6763	2948
40	15,8	16,7	20,0	20,6	20,1	20,5	21,4	21,0	20,7	18,3	15,9	13,7	6740	3020
45	16,3	17,0	19,9	20,1	19,3	19,5	20,5	20,4	20,5	18,5	16,3	14,2	6679	3072
50	16,7	17,2	19,8	19,5	18,5	18,5	19,5	19,7	20,2	18,6	16,6	14,6	6580	3105
55	16,9	17,2	19,5	18,8	17,6	17,5	18,5	18,9	19,7	18,5	16,9	14,8	6444	3119
60	17,1	17,2	19,1	18,1	16,5	16,3	17,3	18,0	19,2	18,4	17,0	15,0	6272	3112
65	17,1	17,0	18,6	17,2	15,5	15,1	16,1	16,9	18,5	18,1	17,0	15,1	6065	3086
70	17,1	16,7	18,0	16,2	14,3	13,9	14,8	15,9	17,7	17,8	16,8	15,0	5827	3040

Tabla 1: Radiación solar en Valencia en MJ/m².día. Fuente: Agencia Valenciana de la Energía.

Utilizando la tabla anterior para una inclinación de 25°, coincidente con la inclinación de los tejados de nuestras viviendas, calculamos la radiación media que se producirá en las placas solares.

La radiación media diaria será:

$$I_{diario} = 18,575 \frac{MJ}{m^2}$$

Como la inclinación característica de nuestro tejado es la correspondiente a 25°, colocamos los colectores aprovechando dicha inclinación y así poder evitar un impacto visual producido por las estructuras de acoplamiento de los mismos. Elegimos una orientación de 0° (orientación sur), ya que es la más favorable en cuanto a radiación solar se refiere y además, la latitud de la ciudad de Valencia es de aproximadamente 39°.

En la siguiente tabla vemos la radiación global que se produce en Valencia tanto mensual como anualmente:



	I (MJ/m²)	HORAS DE SOL	I_t(W/m² día)
ENERO	13,7	8	475,69
FEBRERO	15,3	9	531,25
MARZO	19,3	9	670,14
ABRIL	21,2	9,5	736,11
MAYO	21,8	9,5	756,94
JUNIO	22,6	9,5	784,72
JULIO	23,5	9,5	815,97
AGOSTO	22,2	9,5	770,83
SEPTIEMBRE	20,5	9	711,81
OCTUBRE	17	9	590,28
NOVIEMBRE	14	8	486,11
DICIEMBRE	11,8	7,5	409,72
ANUAL	18,575	8,9	644,97

TABLA 2.1. Cálculo de la Intensidad Solar diaria.

Como vemos en la tabla, la intensidad solar diaria que se produce en la ciudad de Valencia varía en función de las horas de sol que halla en cada mes del año.

El valor de la intensidad media anual obtenido en la tabla se halla teniendo en cuenta que la radiación media solar se produce a lo largo del año en 8,9 horas.

Un dato a tener en cuenta e importante para el posterior dimensionado de la instalación es darse cuenta que en los meses de invierno la radiación solar disminuye de forma bastante considerable, siendo en los meses de verano y más concretamente en el mes de Julio cuando se produce la máxima radiación solar a la que están expuestos nuestros colectores solares.



CAPÍTULO 3

CÁLCULO

DE LA DEMANDA

ENERGÉTICA



3.1 CONSIDERACIONES INICIALES

Una vez conocidos los factores climatológicos que van a afectar en el dimensionado de nuestra instalación, procederemos al cálculo de las necesidades medias mensuales de agua caliente sanitarias de nuestras viviendas para cada uno de los meses del año.

Es de especial importancia explicar en este apartado que el posterior dimensionado de la instalación se hará para un caso medio anual y se repetirán dichos cálculos para los casos medios mensuales.

Para realizar este cálculo con total exactitud, necesitamos conocer el número de personas que habitan cada vivienda como se verá en el apartado siguiente.

3.1.1 NECESIDADES MEDIAS MENSUALES

En este apartado calcularemos la demanda energética en la ciudad de Valencia en cada mes del año. Para ello necesitaremos algunos datos iniciales contemplados en el Código Técnico de la Edificación (CTE):

- Número de ocupantes de la vivienda: En nuestro caso, tenemos que abastecer de agua caliente sanitaria a 18 viviendas unifamiliares adosadas. Para hacer el cálculo del número de habitantes totales de estas viviendas el Código Técnico de la Edificación (CTE) establece la siguiente relación:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	Más de 7
Número de personas	1.5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

TABLA. 3.1. Número de habitantes. (Fuente: CTE)

Como hemos dicho anteriormente disponemos de 18 viviendas unifamiliares a las cuales hay que suministrar ACS. Cada una de estas viviendas está compuesta por tres dormitorios.

Por tanto, el número total de personas a las que debemos suministrar ACS según el CTE será:

$$n^{\circ} \text{ habitantes} = 18 \cdot 4 = 72$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

- Consumo medio diario por persona y día: Como la Ordenanza del Ayuntamiento de Valencia dice que el consumo mínimo será de 26 litros por persona y día a una temperatura de 60° y el CTE establece esta cantidad en 22 litros por persona y día a una temperatura de 60° para viviendas multifamiliares, que es el caso que nos ocupa ya que proporcionaremos abastecimiento de ACS al conjunto de viviendas a las que se refiere el presente estudio, hacemos caso de la Ordenanza del Ayuntamiento de Valencia ya que establece una suposición más restrictiva.

Demanda de referencia a 60°C		
Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

TABLA 3.2. Demanda de ACS. (Fuente: CTE)

Por tanto, en nuestro caso, que tenemos que abastecer de ACS a 18 viviendas adosadas unifamiliares con 72 habitantes, el consumo total será de:

$$V_{ACS} = 72 \text{ personas} \cdot 26 \frac{L}{\text{persona} \cdot \text{día}} = 1872 \frac{L}{\text{día}}$$

Este consumo puede aumentar o disminuir dependiendo del mes en el que nos encontremos, ya que se pueden dar factores como el que las viviendas no estén ocupadas en alguno de los meses o que haya meses demasiado calurosos y, por tanto, no se necesite tanta agua caliente.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

- Temperatura del agua de la red: La temperatura media del agua de la red para la ciudad de Valencia viene expresada en la siguiente tabla:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3

TABLA 3.3. Temperatura del agua de la red. (Fuente: Ordenanza Ayuntamiento de Valencia)

3.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE ACS

Con los datos indicados anteriormente, podemos llevar a cabo el cálculo de la demanda energética de agua caliente sanitaria que se necesita en las viviendas.

Para realizar el cálculo de la demanda energética correspondiente al calentamiento del agua de red hasta la temperatura de consumo de 60°C utilizaremos la siguiente expresión:

$$D_{ACS} = V_{ACS} \cdot \rho_a \cdot c_p \cdot (T_{uso} - T_{red})$$

$$\rho_a = 1000 \frac{Kg}{m^3}; c_p = 4187 \frac{J}{Kg^{\circ}C}$$

Donde:

D_{ACS} Demanda ACS (MJ)

V Consumo ACS (m³/día)

ρ_a Densidad del agua (Kg/m³)

C_p Calor específico del agua (J/ (Kg·°C))

T_{USO} Temperatura de consumo (°C)

T_{RED} Temperatura de red (°C)

En la siguiente tabla podemos ver la demanda energética para cada mes del año para las viviendas a las que tenemos que suministrar agua caliente sanitaria:



Mes	Días	Consumo [m ³ /día]	Consumo Total [m ³]	T _{red} [°C]	T _{uso} [°C]	ΔT [°C]	D _{ACS} [MJ]
Enero	31	1,872	58,03	8	60	52	12634,96
Febrero	28		52,42	9		51	11192,76
Marzo	31		58,03	11		49	11906,02
Abril	30		56,16	13		47	11051,67
Mayo	31		58,03	14		46	11177,08
Junio	30		56,16	15		45	10581,39
Julio	31		58,03	16		44	10691,12
Agosto	31		58,03	15		45	10934,10
Septiembre	30		56,16	14		46	10816,53
Octubre	31		58,03	13		47	11420,06
Noviembre	30		56,16	11		49	11521,95
Diciembre	31		58,03	8		52	12634,96

TABLA 3.4. Cálculo de la demanda de ACS

Por tanto, la demanda anual total será:

$$D_{ACS} = 136562,59 MJ$$

En el siguiente gráfico podemos observar como en los meses de Enero y Diciembre se requiere más energía para calentar el agua necesaria para cubrir la demanda de ACS.

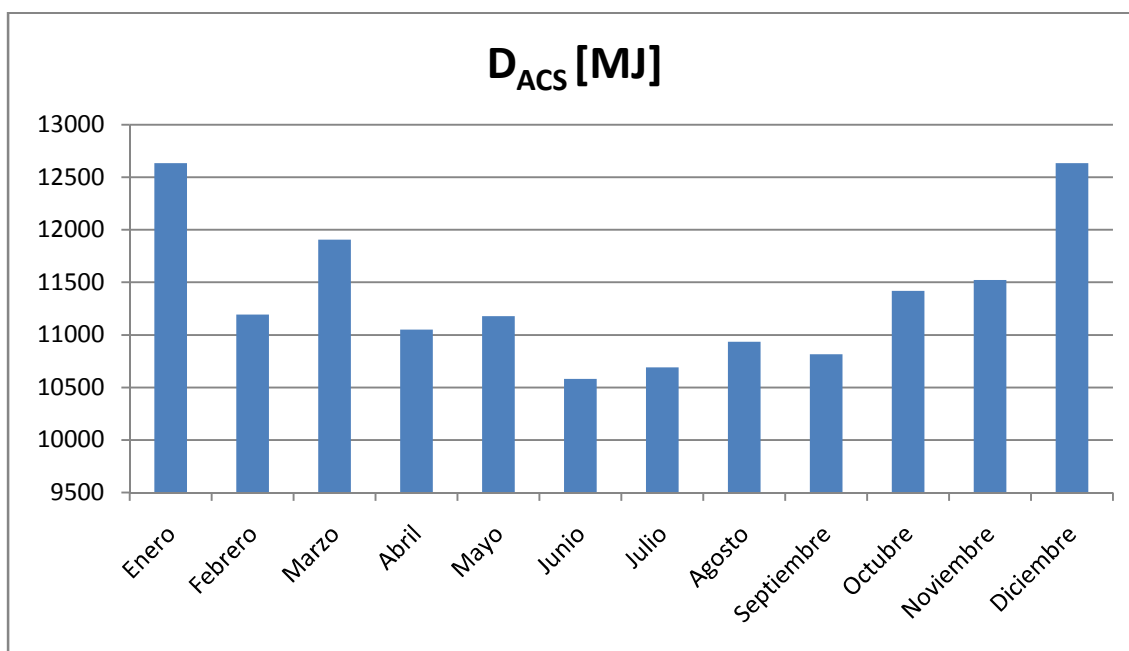


FIG. 3.1. Demanda de ACS



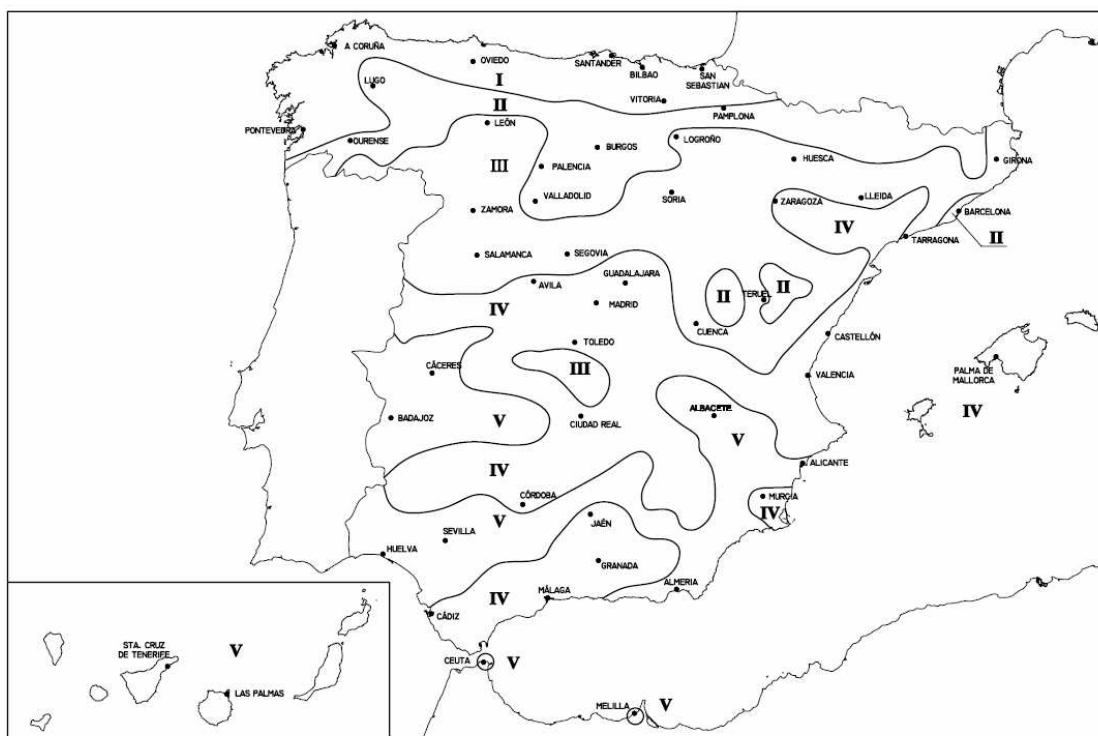
3.3 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En la siguiente tabla se indica, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria, la contribución solar mínima anual.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Contribución solar mínima en %. Caso general				
	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

TABLA 3.5. Contribución Solar mínima. (Fuente: CTE)

En la siguiente figura se muestra las zonas climáticas que se producen en cada una de las ciudades españolas.



Zonas climáticas

FIG. 3.2. Zonas climáticas. (Fuente: CTE)



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Como podemos observar, y haciendo uso de las tablas anteriores, nuestras viviendas que pertenecen a la ciudad de Valencia (zona climática IV) tendrán una contribución solar mínima del 60 %.

$$f = 60\%$$

El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses el 100 %. (HE-4. Apartado 2.1.3)



3.4 CAUDAL DIARIO DE ACS

Calculadas las necesidades diarias de agua caliente sanitaria en las viviendas adosadas que nos plantea el problema, podemos ahora hacer el cálculo del flujo másico que debe circular por la tubería que suministra el agua caliente a las viviendas.

Como vimos anteriormente, el caudal diario necesario se obtiene de la siguiente manera:

$$V = 72 \cdot 26 = 1872l / dia$$

En la siguiente tabla se muestran las horas de sol útiles para nuestros captadores para cada uno de los meses del año:

Número medio de horas diarias de sol útiles para captadores orientados aproximadamente al ecuador e inclinados con un ángulo igual a la latitud

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
De +25° a +45° (Hemisferio Norte)	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5

TABLA 3.6. Número medio de horas de sol. (Fuente: CTE)

No obstante, para el cálculo del flujo másico estimaremos inicialmente que se aprovechan 8.9 horas de sol diarias como valor medio anual, y por tanto:

$$m_{cons} = \frac{1872l / dia \cdot 1000Kg / m^3}{10^3l / m^3 \cdot 8.9h \cdot 3600seg} = 0,058Kg / seg$$

Según esta estimación, el calor medio anual necesario será:

$$Q_t = m_{cons} \cdot Cp_{cons} \cdot (T_{sum} - T_{red}) = 0.058 \cdot 4187 \cdot (60 - 12.3) = 11.67kW$$

Y por tanto, el calor mínimo que debe suministrar el sistema solar será:

$$Q_{min} = Q_t \cdot 0.6 = 7kW$$

Una vez obtenido el caudal necesario para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria, se puede pasar a realizar una estimación del área de colectores que habrá que emplear.



3.5 SELECCIÓN DEL COLECTOR SOLAR

Elegimos como sistema de captación solar a utilizar en nuestras viviendas un captador plano IBERSOLAR OPS-V250 que tiene las siguientes características:

Modelo		OPS-V250
Captador	Unidades	Valores
Dimensiones (Ancho x Alto x Profundo)	mm	1230 x 2030 x 92.5
Área bruta	m ²	2.50
Área de apertura	m ²	2.30
Número de cubiertas		1
Espesor de la cubierta	mm	4
Material de la cubierta		Vidrio templado de bajo contenido en hierro
Tubos verticales		11 tubos de cobre
Diámetro de los tubos verticales	mm	8
Separación entre tubos	mm	100
Tubos horizontales		2 tubos de cobre
Diámetro de los tubos horizontales	mm	22
Construcción tipo		Parrilla
Peso en vacío	kg	50.00
Peso en funcionamiento	kg	52.77
Material de la carcasa		Aluminio lacado negro
Absorbedor		
Tratamiento del absorbedor		Mirotherm
Rendimiento óptico	%	74.5
Coefficiente de pérdidas k_1	W/m ² K	3.556
Coefficiente de pérdidas k_2	W/m ² K ²	0.017
Aislamiento		Lana de Roca
Espesor aislamiento lateral y posterior	mm	25 / 40
Hidráulica		
Volumen fluido caloportador	litros	1.64
Fluido Caloportador		Propilenglicol
Presión de trabajo	bar	10
Presión de prueba	bar	16
Caudal recomendado	l/hm ²	50
Conexiones de tubo liso	mm	22
Temperatura de estancamiento *	°C	193

FIG. 3.3. Características captador solar. (Fuente: ibersolar)

La temperatura media ambiental calculada anteriormente es de 18.83 °C

La temperatura media del fluido es de 60°C

La radiación media diaria es 18.575 MJ/m²



La curva de rendimiento es la siguiente:

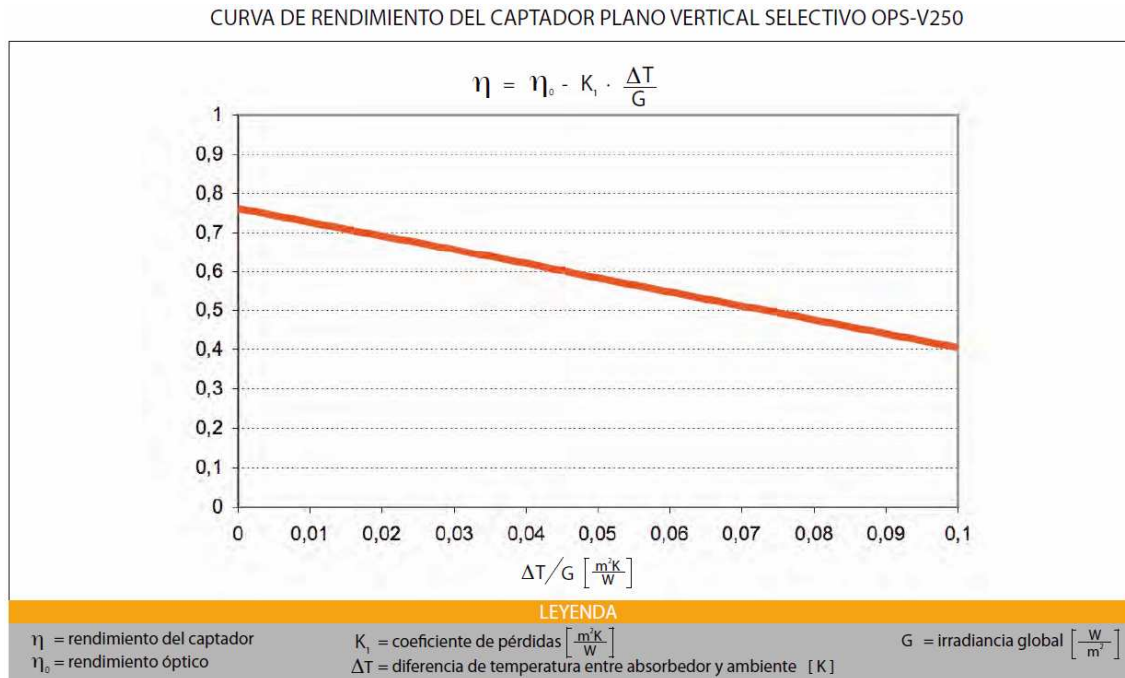


FIG. 3.4. Curva de rendimiento. (Fuente: Ibersolar)

Debemos calcular el rendimiento aproximado que tendrá nuestro captador solar, y para ello utilizamos la gráfica de la curva de rendimiento del captador IBERSOLAR OPS-V250 proporcionada por el fabricante.

$$\frac{\Delta T}{G} = 0.06 \Rightarrow \eta \approx 0.55$$



A continuación se muestra el diseño del colector utilizado para nuestras viviendas:

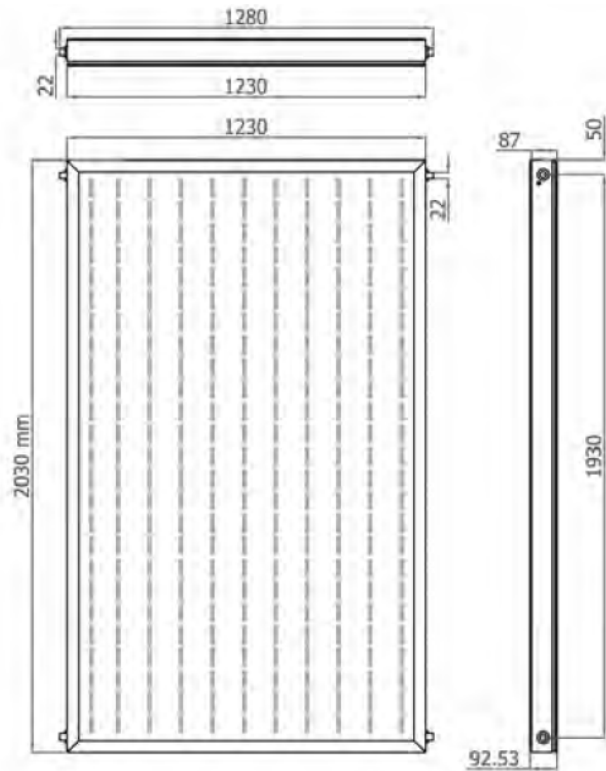


FIG. 3.5. Diseño del colector. (Fuente: Ibersolar.com)



CAPÍTULO 4

DIMENSIONADO

DE LA

INSTALACIÓN



4.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

A partir de ahora, procedemos a realizar el diseño de nuestra instalación, ajustando el número de captadores necesarios a nuestro caso con los cálculos precisos. Antes, cabe mencionar que existen varias formas de proceder con este cálculo, entre otras cosas, porque existen muchos métodos para el cálculo.

- Método F-CHART
- Aplicación del primer principio de la Termodinámica al sistema de colectores

Para analizar más correctamente la exactitud de los métodos y poder ajustar a nuestro caso el que a priori parezca más exacto, realizamos los cálculos con ambos como a continuación se detalla.

4.1.1 MÉTODO F-CHART

Es un método ampliamente aceptado como un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, y, por tanto, no ha de aplicarse para estimaciones de tipo semanal o diario.

A priori, este método puede parecer más inexacto que el explicado posteriormente, ya que no tiene en cuenta las pérdidas producidas en los captadores, pero si utiliza factores de corrección que hace que también se ajuste a las necesidades reales.

Para la aplicación del modelo F-CHART en el cálculo de los colectores solares necesarios y la fracción solar existente para nuestras viviendas, debemos antes conocer la demanda de agua caliente sanitaria y la radiación existente ya calculadas anteriormente.

Cálculo de la demanda energética de ACS

Para realizar el cálculo de la demanda energética correspondiente al calentamiento del agua de red hasta la temperatura de consumo de 60°C utilizaremos la siguiente expresión:

$$D_{ACS} = V \cdot \rho_a \cdot c_p \cdot (T_{uso} - T_{red})$$

$$\rho_a = 1000 \frac{Kg}{m^3}; c_p = 4187 \frac{J}{Kg^{\circ}C}$$



Donde:

D_{ACS} Demanda ACS (MJ)

V Consumo ACS (m^3)

ρ_a Densidad del agua (Kg/m^3)

C_p Calor específico del agua ($J/(Kg \cdot ^\circ C)$)

T_{USO} Temperatura de consumo ($^\circ C$) T_{RED} Temperatura de red ($^\circ C$)

En la siguiente tabla podemos ver la demanda energética para cada mes del año para las 18 viviendas adosadas unifamiliares:

Mes	Días	Consumo/día [m^3]	Consumo Total [m^3]	T_{red} [$^\circ C$]	T_{uso} [$^\circ C$]	ΔT [$^\circ C$]	D_{ACS} [MJ]
Enero	31	1,872	58,03	8	60	52	12634,96
Febrero	28		52,42	9		51	11192,76
Marzo	31		58,03	11		49	11906,02
Abril	30		56,16	13		47	11051,67
Mayo	31		58,03	14		46	11177,08
Junio	30		56,16	15		45	10581,39
Julio	31		58,03	16		44	10691,12
Agosto	31		58,03	15		45	10934,10
Septiembre	30		56,16	14		46	10816,53
Octubre	31		58,03	13		47	11420,06
Noviembre	30		56,16	11		49	11521,95
Diciembre	31		58,03	8		52	12634,96

TABLA 4.1. Cálculo de la demanda de ACS



Radiación solar incidente

Los datos de radiación solar que se producen en la ciudad de Valencia para una inclinación de 25° se muestran a continuación:

	I (MJ/m ²)	HORAS DE SOL	I _t (W/m ² día)
ENERO	13,7	8	475,69
FEBRERO	15,3	9	531,25
MARZO	19,3	9	670,14
ABRIL	21,2	9,5	736,11
MAYO	21,8	9,5	756,94
JUNIO	22,6	9,5	784,72
JULIO	23,5	9,5	815,97
AGOSTO	22,2	9,5	770,83
SEPTIEMBRE	20,5	9	711,81
OCTUBRE	17	9	590,28
NOVIEMBRE	14	8	486,11
DICIEMBRE	11,8	7,5	409,72
ANUAL	18,575	8,9	644,97

TABLA 4 2. Cálculo de la Intensidad Solar diaria.

Cálculo de la fracción solar mensual

En este apartado calculamos la fracción solar basándonos en los datos mensuales expresados anteriormente.

Para calcular la fracción solar, el método F-CHART establece la siguiente ecuación:

$$f = 1.029D_1 - 0.065D_2 - 0.245D_1^2 + 0.0018D_2^2 + 0.0215D_1^3$$

Para poder resolverla, tenemos que hallar el valor de los parámetros D_1 referente a la absorción de energía y D_2 referente a la pérdida de energía. A continuación se detallan los cálculos necesarios para la obtención de dichos parámetros.

Para conocer la superficie de captación necesaria para satisfacer la demanda energética necesaria en nuestras 18 viviendas adosadas, haremos los cálculos pertinentes para un solo colector y después ampliaremos los cálculos para el campo de colectores que necesitemos según la demanda energética.

El colector seleccionado (IBERSOLAR OPS – V250) tiene un área de absorción de:

$$A = 2.3m^2$$

Procedemos a continuación al cálculo de los parámetros D_1 y D_2 necesarios para resolver la ecuación anterior.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Como hemos indicado anteriormente, estos cálculos se van a realizar para un solo colector y posteriormente se ampliarán los mismos para el campo de colectores que necesitemos según

Cálculo del parámetro D_1 :

Este parámetro expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento anual.

D_1 =Energía absorbida por el captador/carga calorífica anual

Energía absorbida por el captador:

$$E_a = S_c \cdot Fr'(\tau\alpha) \cdot I_t \cdot N$$

Donde,

$$Fr'(\tau\alpha) = Fr(\tau\alpha)_n \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \cdot \frac{Fr'}{Fr}$$

$Fr(\tau\alpha)_n$ = Factor de eficiencia óptica del captador. Es la ordenada en el origen de la curva característica del captador. En nuestro caso tomará un valor aproximado de 0.745.

$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$ = Modificador del ángulo de incidencia. Tomamos como valor 0.96.

Fr'/Fr = Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar como valor constante de 0.95.

Por tanto, de lo anterior deducimos que:

$$Fr'(\tau\alpha) = 0,679$$

Para completar el cálculo de la energía absorbida por el captador tenemos que tener en cuenta que:

S_c : Superficie del captador

I_t : Radiación media diaria incidente sobre la superficie del captador

N : Número medio de días del mes



	$S_c \text{ (m}^2\text{)}$	$Fr'(T_a)$	$I_t \text{ (MJ/m}^2\text{)}$	N	$E_a \text{ (MJ)}$	$V_{ACS} \text{ (MJ)}$	D_1
ENERO	2,5	0,702	13,7	31	745,35	12634,96	0,059
FEBRERO	2,5	0,702	15,3	28	751,84	11192,76	0,067
MARZO	2,5	0,702	19,3	31	1050,02	11906,02	0,088
ABRIL	2,5	0,702	21,2	30	1116,18	11051,67	0,101
MAYO	2,5	0,702	21,8	31	1186,03	11177,08	0,106
JUNIO	2,5	0,702	22,6	30	1189,89	10581,39	0,112
JULIO	2,5	0,702	23,5	31	1278,52	10691,12	0,120
AGOSTO	2,5	0,702	22,2	31	1207,79	10934,1	0,110
SEPTIEMBRE	2,5	0,702	20,5	30	1079,33	10816,53	0,100
OCTUBRE	2,5	0,702	17	31	924,89	11420,06	0,081
NOVIEMBRE	2,5	0,702	14	30	737,10	11521,95	0,064
DICIEMBRE	2,5	0,702	11,8	31	641,98	12634,96	0,051

TABLA 4.3. Cálculo del parámetro D_1

Cálculo del parámetro D_2 :

Pasamos ahora a realizar el cálculo del parámetro D_2 . Este parámetro relaciona la energía perdida por los captadores y la energía calorífica anual de la siguiente manera:

D_2 = Energía pérdida por el captador/Carga calorífica anual

La energía perdida por el captador la sacaremos de la siguiente ecuación:

$$E_p = S_c \cdot Fr' \cdot U_L (100 - T_a) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2$$

Donde:

$Fr' U_L = Fr U_L (Fr' / Fr)$, siendo $Fr U_L$ la pendiente de la curva característica del captador (3,556 W/m²°C)

T_a = Temperatura media mensual del ambiente.

Δt = Período de tiempo medido en segundos. Valor medio diario de las horas de funcionamiento. (8.9 h/día)

El factor de corrección por almacenamiento (K_1) se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = \left[\frac{V}{75 \cdot S_c} \right]^{-0.25}$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Para poder resolver la ecuación anterior, debemos conocer el volumen de acumulación solar (V). Para ello tenemos en cuenta la siguiente condición impuesta en el CTE:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Siendo,

A= Área del captador solar

V= Volumen del depósito de acumulación solar

Como en nuestro caso hemos seleccionado un captador solar con un área de $2,3 \text{ m}^2$, elegimos un acumulador solar con una capacidad de 300 L.

Por tanto, para un volumen de acumulación solar de 300 L,

$$K_1 = 0,889$$

El otro factor de corrección (K_2), que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de la red y la media anual ambiente, lo obtenemos,

$$K_2 = \frac{11.6 + 1.18 \cdot T_{ac} + 3.86 \cdot T_{red} - 2.32 \cdot T_a}{100 - T_a}$$

Siendo:

T_{ac} la temperatura mínima de A.C.S = 60°

T_{red} la temperatura del agua de la red

T_a la temperatura media anual del ambiente.

En la tabla que se muestra a continuación se puede apreciar el valor del parámetro D_2 para cada uno de los meses del año.



	Sc(m ²)	Fr'UL	Ta (°C)	Tac(°C)	Tred (°C)	Δt(h)	K1	K2	N	VACS(MJ)	EP (MJ)	D2
ENERO	2,5	3,378	12	60	8	8	0,889	0,97	31	12635	5126,79	0,41
FEBRERO	2,5	3,378	13	60	9	9	0,889	1	28	11192,8	5878,45	0,53
MARZO	2,5	3,378	15	60	11	9	0,889	1,06	31	11906	6087,92	0,51
ABRIL	2,5	3,378	17	60	13	9,5	0,889	1,12	30	11051,7	6630,12	0,60
MAYO	2,5	3,378	20	60	14	9,5	0,889	1,13	31	11177,1	6447,53	0,58
JUNIO	2,5	3,378	23	60	15	9,5	0,889	1,13	30	10581,4	6205,75	0,59
JULIO	2,5	3,378	26	60	16	9,5	0,889	1,13	31	10691,1	5963,97	0,56
AGOSTO	2,5	3,378	27	60	15	9,5	0,889	1,06	31	10934,1	5518,92	0,50
SEPTIEMBRE	2,5	3,378	24	60	14	9	0,889	1,06	30	10816,5	5443,31	0,50
OCTUBRE	2,5	3,378	20	60	13	9	0,889	1,08	31	11420,1	5837,91	0,51
NOVIEMBRE	2,5	3,378	16	60	11	8	0,889	1,04	30	11522	5246,91	0,46
DICIEMBRE	2,5	3,378	13	60	8	7,5	0,889	0,96	31	12635	4702,76	0,37

TABLA 4.4. Cálculo del parámetro D₂

Con los parámetros D₁ y D₂ calculados, la fracción solar para cada mes será para un solo colector solar:

$$f = 1.029D_1 - 0.065D_2 - 0.245D_1^2 + 0.0018D_2^2 + 0.0215D_1^3$$

	D1	D2	f
ENERO	0,059	0,41	0,03
FEBRERO	0,067	0,53	0,03
MARZO	0,088	0,51	0,06
ABRIL	0,101	0,6	0,06
MAYO	0,106	0,58	0,07
JUNIO	0,112	0,59	0,07
JULIO	0,12	0,56	0,08
AGOSTO	0,11	0,5	0,08
SEPTIEMBRE	0,1	0,5	0,07
OCTUBRE	0,081	0,51	0,05
NOVIEMBRE	0,064	0,46	0,04
DICIEMBRE	0,051	0,37	0,03

TABLA 4.5. Cálculo de la fracción solar mensual



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Como vemos, la superficie de captación no alcanza los límites establecidos por la fracción solar necesaria establecida por la comunidad valenciana en cuanto a que debe haber una fracción solar mínima del 60%.

Por tanto, seguimos modificando el número de captadores de nuestra instalación hasta obtener la superficie de captación idónea que cumpla con las exigencias establecidas.

Vemos que el número de captadores que más se ajusta a las exigencias establecidas por el CTE para la ciudad de Valencia es de 18 captadores.

Como hemos modificado el número de captadores, y por tanto, también el área de captación de nuestra instalación solar, debemos volver a calcular el volumen del tanque de acumulación solar y posteriormente la fracción solar de nuestra instalación.

Para conocer el volumen de acumulación solar (V) aplicamos la siguiente condición impuesta en el CTE:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Siendo,

A= Área del captación solar

V= Volumen del depósito de acumulación solar

Por tanto, seleccionamos un acumulador solar de 2500 L que cumple con las especificaciones del CTE.

Por tanto, para un volumen de acumulación solar de 2500 L,

El factor de corrección por almacenamiento (K_1) se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = \left[\frac{V}{75 \cdot S_c} \right]^{-0.25}$$

$$K_1 = 1,056$$

El otro factor de corrección (K_2), que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de la red y la media anual ambiente, lo obtenemos,

$$K_2 = \frac{11.6 + 1.18 \cdot T_{ac} + 3.86 \cdot T_{red} - 2.32 \cdot T_a}{100 - T_a}$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Procediendo de igual forma que anteriormente obtenemos los siguientes valores:

$$f = 1.029D_1 - 0.065D_2 - 0.245D_1^2 + 0.0018D_2^2 + 0.0215D_1^3$$

	D ₁	D ₂	f
ENERO	1,06	7,98	0,44
FEBRERO	1,21	10,33	0,45
MARZO	1,59	10,06	0,63
ABRIL	1,82	11,80	0,67
MAYO	1,91	11,35	0,72
JUNIO	2,02	11,54	0,75
JULIO	2,15	10,97	0,80
AGOSTO	1,99	9,93	0,78
SEPTIEMBRE	1,8	9,90	0,72
OCTUBRE	1,46	10,06	0,58
NOVIEMBRE	1,15	8,96	0,45
DICIEMBRE	0,91	7,32	0,37

TABLA 4.6. Cálculo de la fracción solar mensual

Una vez calculada las fracciones solares mensuales, habrá que calcular la fracción solar anual, para ver si ésta cumple con dichas exigencias mencionadas anteriormente.

Cálculo de la fracción solar anual

La fracción solar anual se calcula como la relación entre la suma de aportaciones solares mensuales y la suma de las demandas energéticas de cada mes:

$$f = \frac{\sum_{mes=1}^{12} EU_{mes}}{\sum_{mes=1}^{12} V_{ACS_{mes}}}$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Siendo:

EU_{mes} la energía útil mensual aportada por la instalación solar para la producción de agua caliente sanitaria de las viviendas.

V_{ACSmes} la demanda energética.

$$EU_{mes} = f_{mes} \cdot V_{ACSmes}$$

Por tanto,

	f	VACS (MJ)	EU(MJ)
ENERO	0,44	12634,96	5520,59
FEBRERO	0,45	11192,76	4981,55
MARZO	0,63	11906,02	7518,22
ABRIL	0,67	11051,67	7454,00
MAYO	0,72	11177,08	7998,48
JUNIO	0,75	10581,39	7891,44
JULIO	0,80	10691,12	8520,75
AGOSTO	0,78	10934,1	8517,61
SEPTIEMBRE	0,72	10816,53	7752,53
OCTUBRE	0,58	11420,06	6571,11
NOVIEMBRE	0,45	11521,95	5233,47
DICIEMBRE	0,37	12634,96	4678,69

TABLA 4.7. Cálculo de la energía útil mensual

Así, la fracción solar anual será:

$$f = \frac{\sum_{mes=1}^{12} EU_{mes}}{\sum_{mes=1}^{12} V_{ACSmes}} = \frac{82638,43MJ}{136562,60MJ} = 0,61$$

Por tanto, en nuestra instalación, diseñada para 18 captadores solares, dispondremos de una fracción solar anual de:

$$f = 61\%$$

La cobertura solar en nuestras viviendas cumple la Ordenanza del Ayuntamiento de Valencia de manera adecuada, ya que esta impone que la contribución solar mínima, como vimos anteriormente, debía ser del 60%.



4.1.2 APLICACIÓN DEL PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

Una vez conocidos los valores obtenidos por el método F-CHART mostrado anteriormente, veamos los resultados que el primer principio de la termodinámica proporciona para nuestra instalación solar.

Procedemos al cálculo del número de colectores necesarios para satisfacer la demanda energética de nuestras viviendas de igual forma que en el método F-CHART. Por ello, iniciamos las estimaciones para un colector y posteriormente se ampliarán los cálculos para el número de colectores necesarios.

El caudal circulante por los colectores será:

$$m_1 = 115 \frac{l}{h} \cdot \frac{1Kg}{l} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot 1panel = 0.032 \frac{Kg}{s}$$

Para hacer la estimación de las áreas de colectores necesarios necesitaremos resolver un sistema de 7 ecuaciones con 7 incógnitas obtenidas de los balances de energía realizados en cada uno de los elementos de la instalación, las cuales se detallan a continuación.

Es importante tener en cuenta que este primer cálculo se realizará sin tener en cuenta las pérdidas que se producen en nuestros colectores solares.

Balance de energía en los colectores solares

$$m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) = I_T \cdot A \cdot (a_0 - \frac{T_{ci} - T_o}{I_T} \cdot a_1)$$

Balance de energía en el intercambiador de calor

$$m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) = m_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})$$

Eficiencia en el intercambiador

$$\epsilon_{ic} = \frac{m_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{min} \cdot (T_{co} - T_{ici})}$$



Contribución solar mínima anual

$$f = \frac{m_{cons} \cdot C_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red})}{m_{cons} \cdot C_{pcons} \cdot (T_{sum} - T_{red})} = \frac{T_{cons} - T_{red}}{T_{sum} - T_{red}}$$

$$T_{sum} = 60^{\circ}C$$

$$T_{red} = 12.3^{\circ}C$$

Balance de energía en el tanque

$$m_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici}) = m_{cons} \cdot C_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red})$$

Grado de estratificación en el tanque

$$T_t = \frac{T_{ico} \cdot m_2 + T_{red} \cdot m_{cons}}{m_2 + m_{cons}}$$

$$E_t = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{ico} - T_t}$$

Siendo,

m_1 = Caudal que circula por el circuito de colectores

m_2 = Caudal que circula después de pasar por el intercambiador de calor

m_{cons} = Caudal que circula para el consumo

T_{ci} = Temperatura de entrada al colector

T_{co} = Temperatura de salida del colector

T_{ici} = Temperatura de entrada al intercambiador de calor

T_{ico} = Temperatura de salida del intercambiador de calor

T_{cons} = Temperatura de consumo

T_t = Temperatura del tanque

T_0 = Temperatura ambiente

f = Fracción solar mínima anual

T_{sum} = Temperatura de suministro



E_t = Coeficiente de estratificación del tanque

E_{ic} = Eficiencia del intercambiador de calor

a_0 = Rendimiento óptico del colector

a_1 = Coeficiente de pérdidas de calor del intercambiador

Los datos que conocemos para hacer esta primera aproximación son:

$$C_{p1} = 3900 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

$$C_{p2} = C_{pcons} = 4187 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

$$E_t = 0,5$$

$$T_{sum} = 333,15K$$

$$I_t = 644,97 \frac{W}{m^2}$$

$$a_0 = 0,745$$

$$a_1 = 3,556 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$\varepsilon_{ic} = 0,7$$

$$T_{red} = 285,43K$$

$$T_0 = 291,96K$$

$$f = 0,6$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones planteado anteriormente obtenemos los siguientes resultados:

	Tci (K)	Tco (K)	Tcons (K)	Tici (K)	Tico (K)	Tt (K)	A (m ²)
ANUAL	313,833	317,304	314,07	312,346	315,617	312,523	12,43

TABLA 4.8. Cálculo del área de colectores necesarios.

Por tanto, el número de colectores necesarios en nuestra instalación sin pérdidas será:

$$n^{\circ} \text{ colectores} = \frac{A}{2,3} = 5,404 \Rightarrow 6 \text{ colectores}$$

Sin tener en cuenta ningún tipo de pérdidas en nuestra instalación, observamos que necesitaremos 6 colectores para satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria en nuestras viviendas.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Una vez conocido el valor del área de colectores que debemos instalar para cubrir las necesidades anuales de nuestra instalación, procedemos al cálculo de la fracción solar mensual para ver si cumple con lo establecido por el CTE.

Para ello, se procede de manera similar a la utilizada anteriormente, solo que el área de colectores deja de ser una incógnita para ser un dato y la fracción solar se convierte ahora en la incógnita que debemos hallar.

$$f = 0,666 \Rightarrow 66,6\%$$

Antes del cálculo de la fracción solar, y una vez conocido el dato del número de colectores necesarios, procedemos al cálculo de las pérdidas existentes en nuestra instalación para precisar con mayor exactitud estos datos.



4.2 PÉRDIDAS EN LOS COLECTORES SOLARES

Una vez calculados el número de colectores sin pérdidas que necesitará nuestra instalación, se procede ahora de manera similar pero teniendo en cuenta las pérdidas que se producen en los colectores solares.

4.2.1 PÉRDIDAS PRODUCIDAS POR SOMBRAS

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla.

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

TABLA 4.9. Pérdidas en los colectores. (Fuente: CTE)

En este apartado tendremos en cuenta los períodos de sombras a los que se vean afectados nuestros colectores solares. El Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura establece tres casos fundamentales:

- *General*: El porcentaje de sombras debe ser inferior al 10%
- *Superposición*: El porcentaje de sombras debe ser inferior al 15%
- *Integración Arquitectónica*: El porcentaje de sombras debe ser inferior al 20%

Para determinar las pérdidas por orientación e inclinación son fundamentales dos valores:

- *Ángulo de inclinación (β)*, definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. En nuestro caso $\beta=25^\circ$
- *Ángulo de Azimut (α)*, definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y meridiano del lugar. En nuestro caso orientación sur.

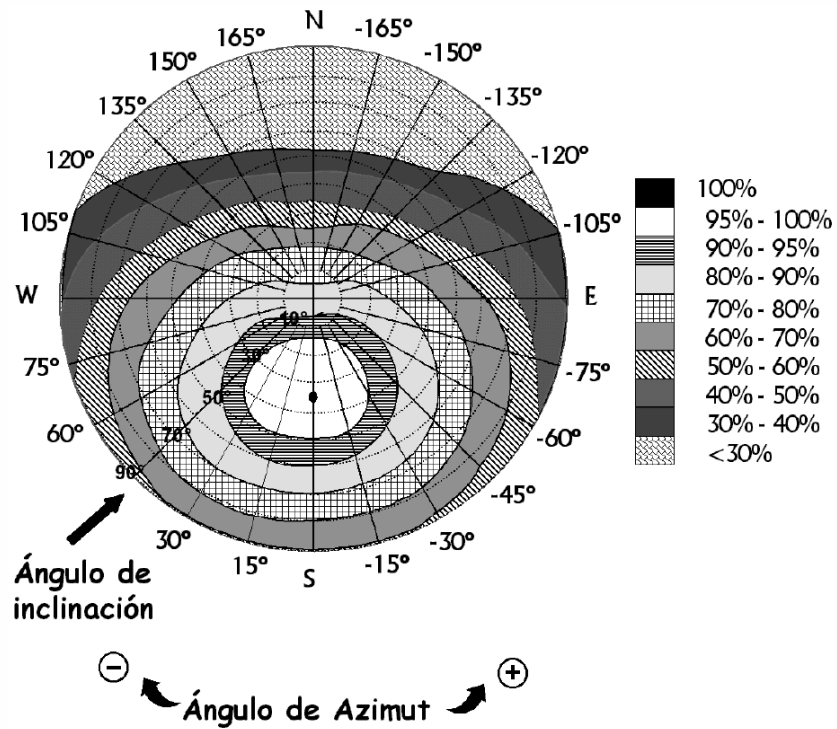


FIG 4.1. Ángulo de Azimut. (Fuente: CTE)

Por tanto, mirando el gráfico con nuestros valores, vemos que tenemos entre un 95% a 100% de aprovechamiento de energía irradiada por el sol. Se puede afirmar que las pérdidas producidas en los paneles son inferiores al 5%.



4.2.2 PÉRDIDAS PRODUCIDAS POR VIENTO

Las pérdidas que a continuación se detallan son debidas a las acciones producidas sobre los colectores solares, ya sean debidas al efecto del viento, conducción, convección o radiación que se produce sobre los mismos.

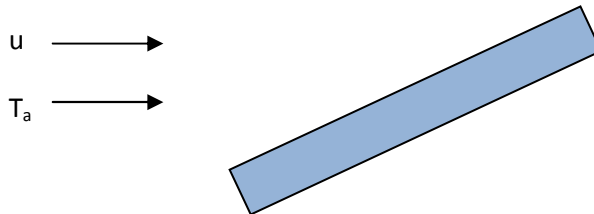


FIG. 4.2. Pérdidas en los colectores

A continuación se detalla un esquema de las diferentes resistencias térmicas que se producen en nuestros colectores, con el fin de proceder al cálculo de las pérdidas en los mismos de una manera más sencilla.

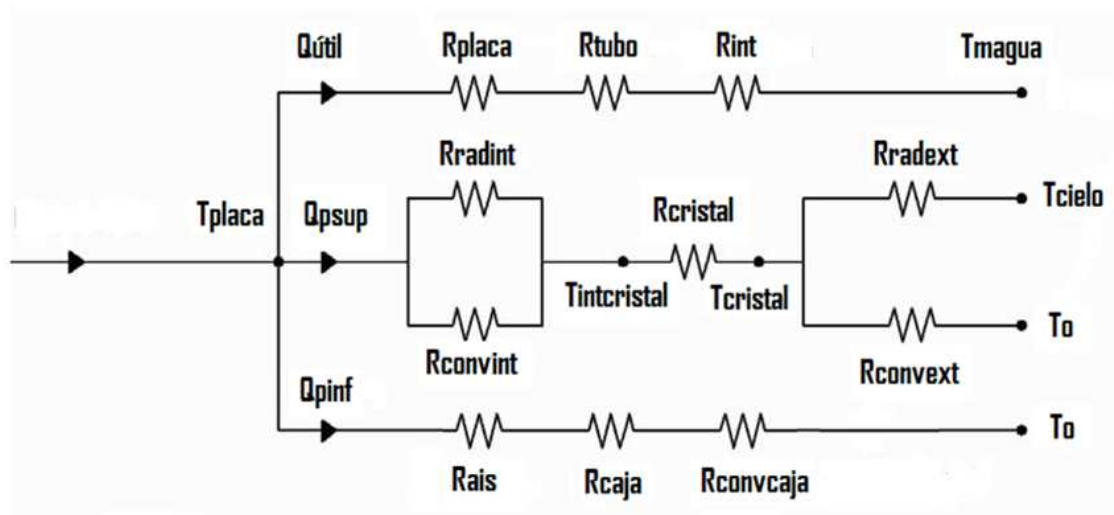


FIG. 4.3 Esquema de resistencias térmicas

Como vemos en el esquema representado anteriormente, disponemos de tres ramales para el cálculo de las pérdidas en nuestros colectores solares. Útil son las pérdidas producidas en la rama útil del colector solar. Qpsup son las pérdidas que se producen en la parte superior del colector, y Qpinf son las pérdidas que se producen en la parte inferior del mismo.

A continuación explicaremos más detenidamente el procedimiento a seguir para el cálculo de cada una de estas resistencias.



4.2.2.1 RAMA DE CALOR ÚTIL

Resistencia de la placa colectora (R_{placa})

Podemos proceder al cálculo de esta resistencia mediante un balance de energía en la placa colectora ya que se trata de una transferencia de calor no lineal. Así pues, la resistencia en la placa colectora será:

$$R_{placa} = 0,012 \text{ K/W}$$

Resistencia de los tubos (R_{tubo})

$$R_{tubo} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K_{Cu} \cdot L_{tubo}}$$

Como nuestro colector está compuesto por 11 tubos de cobre de $L=2,03$ m, un diámetro exterior de $D_{ext}=8$ mm y un espesor $e = 0,5$ mm, la resistencia de cada tubo será:

$$R_{tubo} = \frac{\ln\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{3,75 \cdot 10^{-3}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 385 \cdot 2,03} = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ K/W}$$

Siendo,

$$K_{Cu} = 385 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

Pero como tenemos 11 tubos en paralelo,

$$R_{tubos} = \frac{R_{tubo}}{11} = 1,19 \cdot 10^{-6} \text{ K/W}$$

Resistencia por convección en el interior de los tubos (R_{int})

Para proceder con el cálculo de esta resistencia, debemos aplicar la ecuación de Dittus- Boelter como se muestra a continuación:

$$Nu_D = 0,023 \cdot Re_D^{4/5} \cdot Pr^{0,4}$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Para ello, procedemos con el cálculo del número de Reynolds de la siguiente manera:

$$Re_D = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot D_{int} \cdot \mu}$$

El caudal circulante se debe dividir por el número de tubos que posee nuestro colector, así los datos que tenemos son los siguientes:

$$\dot{m} = 2,91 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/s}$$

$$\mu = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}$$

$$D_{int} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$K_{mezcla} = 0,48 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$Pr = 9$$

Sabidos estos valores, el número de Nusselt será:

$$Nu_D = 5,72$$

Con estos datos podemos calcular el coeficiente de flujo convectivo,

$$h_D = \frac{Nu_D \cdot K_{mezcla}}{D_{int}} = \frac{5,72 \cdot 0,48}{7,5 \cdot 10^{-3}} = 366,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Con estos valores ya calculados, podemos hallar la resistencia por convección en el interior de los tubos de la siguiente manera:

$$R_{int} = \frac{1}{h_D \cdot \pi \cdot D_{int} \cdot L_{tubo}} = 0,057 \text{ K/W}$$

Pero como nuestro colector está formado por 11 tubos, la resistencia final será:

$$R_{int t} = \frac{R_{int}}{11} = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ K/W}$$

Una vez conocidas todas las resistencias en la rama de calor útil, la resistencia total será la suma de todas las anteriores,

$$R_{tútil} = R_{placa} + R_{tubo} + R_{int} = 0,017 \text{ K/W}$$



4.2.2.2 RAMA DE PÉRDIDAS EN LA PARTE INFERIOR DEL COLECTOR

Procedemos de la misma manera con las resistencias que se producen en la parte inferior de nuestro colector

Resistencia del aislante (R_{ais})

Para el cálculo de la resistencia del aislante debemos conocer su espesor, área y conductividad térmica, proporcionados por el fabricante. Se trata de lana de roca, y por tanto, su resistencia será:

$$R_{ais} = \frac{\varepsilon_{ais}}{k_{ais} \cdot A_{ais}} = 0,483 K/W$$

Siendo

$$K_{ais} = 0,036 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$\varepsilon_{ais} = 40 \cdot 10^{-3} m$$

$$A_{ais} = 2,3 m^2$$

Resistencia de la caja (R_{caja})

La resistencia de la caja también es un dato especificado por el fabricante cuyo valor se indica a continuación:

$$R_{caja} = \frac{\varepsilon_{caja}}{K_{caja} \cdot A_{caja}} = 3,83 \cdot 10^{-6} K/W$$

Siendo,

$$\varepsilon_{caja} = 0,002 m$$

$$K_{caja} = 209 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$A_{caja} = 2,5 m^2$$



Resistencia por convección en el posterior de la caja ($R_{convcaja}$)

Para el cálculo de esta resistencia debemos usar las correlaciones correspondientes a la convección natural producida por el viento sobre nuestros captadores,

Temperatura de la caja: $T_{caja} = 1,021 \cdot T_0 - 1,762$

Temperatura de película: $T_f = \frac{T_{caja} + T_0}{2}$

Número de Rayleigh: $R_a = \frac{g_{conv} \cdot [\beta(T_{caja} - T_0)] \cdot L_{convpost}}{\nu \cdot \alpha}$

Número de Nusselt: $Nu = 0,27 \cdot R_a^{1/4}$

Coeficiente de convección natural: $h_L = \frac{Nu \cdot K_f}{L_{convpost}}$

Por tanto, la resistencia por convección natural en la caja será:

$$R_{convcaja} = \frac{1}{h_L \cdot A_{col}}$$

Para proceder con dicho cálculo debemos conocer los siguientes parámetros:

$$g_{conv} = g \cdot \cos\left(51 \cdot \frac{\pi}{180}\right); \beta = \frac{1}{T_f}; L_{convpost} = \frac{A_{col}}{P}; P = 6,52m$$

$$\nu = 1,52 \cdot 10^{-5} m^2/s; \alpha = 2,09 \cdot 10^{-7} m^2/s$$

La resistencia por convección en la parte posterior de la caja sufrirá modificaciones para cada mes del año debido a variaciones en los parámetros de los que esta depende. Por eso, en la siguiente tabla se especifica el valor de dicha resistencia para cada mes del año correspondiente.



	T_o (K)	T_{caja} (K)	T_f (K)	K_f (W/mK)	R_a	$R_{convcaja}$ (K/W)
ENERO	285,13	289,36	287,24	0,025	17291140213	0,356
FEBRERO	286,13	290,38	288,25	0,025	17316152500	0,356
MARZO	288,13	292,42	290,27	0,026	17365654639	0,355
ABRIL	290,13	294,46	292,30	0,026	17414472239	0,355
MAYO	293,13	297,52	295,33	0,025	17486445870	0,355
JUNIO	296,13	300,59	298,36	0,025	17556956911	0,354
JULIO	299,13	303,65	301,39	0,026	17626049495	0,354
AGOSTO	300,13	304,67	302,40	0,026	17648772516	0,354
SEPTIEMBRE	297,13	301,61	299,37	0,025	17580143250	0,354
OCTUBRE	293,13	297,52	295,33	0,025	17486445870	0,355
NOVIEMBRE	289,13	293,44	291,28	0,026	17390148116	0,355
DICIEMBRE	286,13	290,38	288,25	0,025	17316152500	0,356

TABLA 4.10. Cálculo de la resistencia de convección en la parte posterior de la caja

Por tanto, la resistencia media de convección en la parte posterior de la caja será:

$$R_{convcaja} = 0,355 \frac{K}{W}$$

Una vez calculadas todas las resistencias térmicas en la parte inferior del colector, calculamos la resistencia total como suma de todas ellas,

$$R_{tinf} = R_{ais} + R_{caja} + R_{convcaja} = 0,838 \frac{K}{W}$$

Haciendo el cálculo mes a mes, tendríamos las siguientes resistencias totales para el ramal inferior en cada mes:

	R_{ais} (K/W)	R_{caja} (K/W)	$R_{convcaja}$ (K/W)	R_{tinf} (K/W)
ENERO	0,483	0,00000383	0,356	0,839
FEBRERO	0,483	0,00000383	0,356	0,839
MARZO	0,483	0,00000383	0,355	0,838
ABRIL	0,483	0,00000383	0,355	0,838
MAYO	0,483	0,00000383	0,355	0,838
JUNIO	0,483	0,00000383	0,354	0,837
JULIO	0,483	0,00000383	0,354	0,837
AGOSTO	0,483	0,00000383	0,354	0,837
SEPTIEMBRE	0,483	0,00000383	0,354	0,837
OCTUBRE	0,483	0,00000383	0,355	0,838
NOVIEMBRE	0,483	0,00000383	0,355	0,838
DICIEMBRE	0,483	0,00000383	0,356	0,839

TABLA 4.11. Cálculo de resistencias por convección mensuales



4.2.2.3 RAMA DE PÉRDIDAS EN LA PARTE SUPERIOR DEL COLECTOR

Se explica a continuación el cálculo de las resistencias térmicas que se producen en la parte superior de nuestro colector con el fin de determinar las pérdidas producidas en el mismo.

Resistencia en el cristal (R_{cristal})

$$R_{\text{cristal}} = \frac{\varepsilon_{\text{cristal}}}{k_{\text{cristal}} \cdot A_{\text{cristal}}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ K/W}$$

Siendo,

$\varepsilon_{\text{cristal}}$ el espesor del cristal (0,004m)

K_{cristal} la conductividad térmica del cristal ($1,16 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)

A_{cristal} el área del cristal ($2,3 \text{ m}^2$)

Resistencia por convección exterior (R_{convext})

Para calcular correctamente esta resistencia, debemos obtener primero el valor de la velocidad del viento que se produce en la Comunidad Valenciana para cada mes del año,

	v (m/s)
ENERO	3,03
FEBRERO	2,62
MARZO	4,24
ABRIL	4,06
MAYO	2,82
JUNIO	2,79
JULIO	3,00
AGOSTO	3,16
SEPTIEMBRE	3,13
OCTUBRE	3,08
NOVIEMBRE	3,22
DICIEMBRE	3,25

TABLA 4.12. Velocidad del viento en Valencia. (Fuente: AEMET)



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Procedemos al cálculo del número de Reynolds de la siguiente manera:

$$Re = \frac{\rho_{aire} \cdot v_{viento} \cdot L_{cristal}}{\mu_{aire}}$$

Número de Nusselt,

$$Nu = 3,846 \cdot Re^{0,325} \cdot Pr^{1/3}$$

Coefficiente de convección forzada,

$$h_{forzext} = \frac{Nu \cdot K_{aire}}{L_{cristal}}$$

Por tanto, la resistencia por convección externa se calculará de la siguiente manera:

$$R_{convext} = \frac{1}{h_{forzext} \cdot A_{cristal}}$$

Para procede con estos cálculos se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

v (m/s)	3,2
T (K)	296,13
u (m ² /s)	1,52 · 10 ⁻⁵
Pr	0,707
K _{aire} (W/mK)	0,025
ρ _{aire} (Kg/m ³)	1,19
μ _{aire} (Pa·s)	1,85 · 10 ⁻⁵

TABLA 4.13. Valores medios para el cálculo de la resistencia por convección exterior

Con estos datos, podemos hacer el cálculo de la resistencia por convección exterior,

$$R_{convext} = 0,149 \frac{K}{W}$$

Esta resistencia varía mensualmente dependiendo de los diferentes valores de cada parámetro para cada mes del año correspondiente. Dichas variaciones se muestran en la tabla siguiente:



	v (m/s)	K _{aire} (W/mK)	Pr	Re	R _{convext} (K/W)
ENERO	3,03	0,025	0,71	395652486,5	0,149
FEBRERO	2,62	0,025	0,71	342115351,4	0,157
MARZO	4,24	0,026	0,707	553652324,3	0,134
ABRIL	4,06	0,026	0,709	530148216,2	0,136
MAYO	2,82	0,025	0,707	368231027	0,153
JUNIO	2,79	0,025	0,708	364313675,7	0,154
JULIO	3	0,026	0,707	391735135,1	0,150
AGOSTO	3,16	0,026	0,707	412627675,7	0,147
SEPTIEMBRE	3,13	0,025	0,708	408710324,3	0,148
OCTUBRE	3,08	0,025	0,707	402181405,4	0,149
NOVIEMBRE	3,22	0,026	0,709	420462378,4	0,146
DICIEMBRE	3,25	0,025	0,71	424379729,7	0,146

TABLA 4.14. Cálculo de la resistencia de convección exterior

Resistencia por radiación exterior (R_{radext})

$$R_{radext} = \frac{1}{\varepsilon_{cristal} \cdot \sigma \cdot [(T_{cristal})^2 + (T_{cielo})^2] \cdot (T_{cristal} + T_{cielo})}$$

Siendo,

$\varepsilon_{cristal}$ el espesor del cristal (0,2 m)

Constante de Boltzmann: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

$$T_{cielo} = 0,03754 \cdot T_0^{1,5} + 0,32 \cdot T_0$$

$$T_{cristal} = 1,021 \cdot T_0 - 1,762$$

Así, la resistencia media anual por radiación exterior será:

$$R_{radext} = 0,387 \text{ K/W}$$

Como la temperatura del cielo y la temperatura del cristal van a variar en función del mes del año en el que nos encontremos, la resistencia térmica por radiación exterior para cada mes será diferente. Por ese motivo a continuación se muestra una tabla con el cálculo mensual de dichas resistencias.



	T_o (K)	$T_{cristal}$ (K)	T_{cielo} (K)	R_{radext} (K/W)
ENERO	285,13	289,36	271,98	0,42
FEBRERO	286,13	290,38	273,26	0,415
MARZO	288,13	292,42	275,80	0,405
ABRIL	290,13	294,46	278,36	0,395
MAYO	293,13	297,52	282,20	0,381
JUNIO	296,13	300,59	286,06	0,368
JULIO	299,13	303,65	289,94	0,355
AGOSTO	300,13	304,67	291,23	0,351
SEPTIEMBRE	297,13	301,61	287,35	0,364
OCTUBRE	293,13	297,52	282,20	0,381
NOVIEMBRE	289,13	293,44	277,08	0,4
DICIEMBRE	286,13	290,38	273,26	0,415

TABLA 4.15. Cálculo de resistencias por radiación exterior mensuales

Resistencia por radiación interior entre el cristal y la placa (R_{radint})

$$R_{rad\ int} = \frac{(\epsilon_{cristal} + \epsilon_{placa} - \epsilon_{cristal} \cdot \epsilon_{placa})}{\epsilon_{cristal} \cdot \epsilon_{placa} \cdot \sigma \cdot A_{abs} \cdot [(T_{placa})^2 + (T_{int\ cristal})^2] \cdot (T_{placa} + T_{int\ cristal})}$$

Para poder resolver la ecuación anterior debo conocer la temperatura del interior del cristal, que calculamos de la siguiente manera:

$$T_{int\ cristal} = (q_1 + q_2) \cdot R_{cristal} + T_{cristal}$$

Siendo,

$$q_1 = \frac{T_{cristal} - T_{cielo}}{R_{radext}}$$

$$q_2 = \frac{T_{cristal} - T_0}{R_{convext}}$$

$$A_{abs} = 2,3m^2$$

$$\epsilon_{placa} = 0,05m$$

$$\epsilon_{cristal} = 0,2m$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Cabe destacar en este cálculo que la temperatura de la placa es una incógnita a la que daremos un valor inicial para poder llevar a cabo los cálculos.

Por tanto,

$$R_{rad\ int} = 1,475\ K/W$$

Haciendo los cálculos mensuales tenemos:

	T _o (K)	T _{cristal} (K)	T _{cielo} (K)	T _{intcristal} (K)	R _{radint} (K/W)
ENERO	285,13	295,34	271,98	296,6	1,752
FEBRERO	286,13	296,39	273,26	297,59	1,661
MARZO	288,13	298,47	275,8	299,93	1,537
ABRIL	290,13	300,55	278,36	302,01	1,464
MAYO	293,13	303,68	282,2	304,94	1,409
JUNIO	296,13	306,81	286,06	308,08	1,31
JULIO	299,13	309,93	289,94	311,3	1,229
AGOSTO	300,13	310,97	291,23	312,37	1,256
SEPTIEMBRE	297,13	307,85	287,35	309,17	1,301
OCTUBRE	293,13	303,68	282,2	304,98	1,487
NOVIEMBRE	289,13	299,51	277,08	300,86	1,613
DICIEMBRE	286,13	296,39	273,26	297,67	1,733

TABLA 4.16. Cálculo mensual de la resistencia por radiación interior.

Resistencia por convección interior entre el cristal y la placa (R_{convint})

La resistencia por convección entre el cristal y la placa la podemos calcular de la siguiente manera:

$$R_{convint} = \frac{1}{h_i \cdot A_{abs}}$$

Para calcular esta resistencia debemos conocer los siguientes parámetros:

Temperatura de película: $T_f = \frac{T_{int\ cristal} + T_{placa}}{2}$

Número de Rayleigh: $R_a = \frac{g \cdot [\beta(T_{placa} - T_{int\ cristal})] \cdot L_{conv}^3}{\nu \cdot \alpha}$



Sabiendo que,

$$L_{conv} = 0,03m; \alpha = 2,07 \cdot 10^{-7} m^2/s; \nu = 1,52 \cdot 10^{-5} m^2/s$$

$$\text{Número de Nusselt: } Nu = 4,328 \cdot 10^{-10} \cdot Ra^2 - 1,478 \cdot 10^{-6} \cdot Ra + 1,001$$

$$\text{Coeficiente de convección interior: } h_i = \frac{Nu \cdot K}{L_{conv}}$$

Por tanto, la resistencia de convección interior entre el cristal y la placa será:

$$R_{convint} = 2,13 \cdot 10^{-5} K/W$$

Esta resistencia también varía dependiendo del mes de año en el que nos encontremos debido a las variaciones en la temperatura del cristal y la temperatura de la placa. A continuación se muestran dicha resistencia térmica para cada mes del año.

	T_f (K)	Ra	R_{convint} (K/W)
ENERO	310,87	7725894,65	0,507
FEBRERO	311,86	7703944,27	0,367
MARZO	314,03	7559565,03	0,203
ABRIL	316,07	7489466,42	0,154
MAYO	319,04	7438332,43	0,143
JUNIO	322,11	7330848,38	0,099
JULIO	325,22	7203797,16	0,077
AGOSTO	326,25	7162881,72	0,098
SEPTIEMBRE	323,15	7283696,56	0,102
OCTUBRE	319,06	7427312,25	0,247
NOVIEMBRE	315,00	7555113,38	0,375
DICIEMBRE	311,90	7681364,24	0,506

TABLA 4. 17. Cálculo mensual de la resistencia por convección interior entre el cristal y la placa

Una vez calculadas todas las resistencias térmicas en la parte superior del colector, calculamos la resistencia total.



Como en este caso tenemos varias resistencias en paralelo, resolvemos el problema de la siguiente manera:

$$\frac{1}{R_{t_1}} = \frac{1}{R_{rad\ int}} + \frac{1}{R_{conv\ int}} \rightarrow R_{t_1} = \frac{R_{rad\ int} \cdot R_{conv\ int}}{R_{rad\ int} + R_{conv\ int}}$$

$$\frac{1}{R_{t_2}} = \frac{1}{R_{rad\ ext}} + \frac{1}{R_{conv\ ext}} \rightarrow R_{t_2} = \frac{R_{rad\ ext} \cdot R_{conv\ ext}}{R_{rad\ ext} + R_{conv\ ext}}$$

Una vez calculadas las resistencias térmicas totales para los diferentes ramales, procedemos al cálculo de las pérdidas en los mismos anteriormente citadas:

- Pérdidas producidas en la rama útil del colector ($Q_{\text{útil}}$):

$$Q_{\text{útil}} = \frac{T_{\text{placa}} - T_{\text{magua}}}{R_{\text{placa}} + R_{\text{tubo}} + R_{\text{int}}}$$

	$Q_{\text{útil}}$ (W)
ENERO	487,51
FEBRERO	502,75
MARZO	604,22
ABRIL	693,69
MAYO	715,04
JUNIO	752,40
JULIO	796,75
AGOSTO	714,63
SEPTIEMBRE	655,28
OCTUBRE	573,87
NOVIEMBRE	451,28
DICIEMBRE	347,57

TABLA 4.18. Calor aprovechado por el colector



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

- Calor perdido en la parte inferior del colector ($Q_{p\inf}$):

$$Q_{p\inf} = \frac{T_{placa} - T_0}{R_{ais} + R_{caja} + R_{convcaja}}$$

	$Q_{p\inf}$ (W)
ENERO	18,95
FEBRERO	27,54
MARZO	36,95
ABRIL	42,87
MAYO	43,96
JUNIO	52,17
JULIO	57,72
AGOSTO	53,34
SEPTIEMBRE	51,92
OCTUBRE	33,87
NOVIEMBRE	27,33
DICIEMBRE	19,79

TABLA 4.19. Calor perdido en la parte inferior del colector

- Calor perdido en la parte superior del colector (Q_{psup}):

$$Q_{psup} = \frac{R_{convext} \cdot T_{int cristal} - R_{t_1} \cdot (T_{placa} - T_{int cristal}) + R_{radext} \cdot T_{int cristal} - R_{convext} \cdot T_{cielo} - R_{radext} \cdot T_o}{R_{cristal} \cdot (R_{convext} + R_{radext})}$$

	Q_{psup} (W)
ENERO	204,28
FEBRERO	274,71
MARZO	365,34
ABRIL	409,25
MAYO	415,91
JUNIO	479,52
JULIO	532,63
AGOSTO	498,11
SEPTIEMBRE	488,45
OCTUBRE	345,22
NOVIEMBRE	278,57
DICIEMBRE	213,24

TABLA 4.20. Calor perdido en la parte superior del colector



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Con el valor de las pérdidas producidas en el colector solar, y mediante una nueva iteración con el programa Mathcad, podemos calcular el número de colectores que necesita nuestra instalación para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria de las viviendas.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

	T _{ci} (K)	T _{co} (K)	T _{cons} (K)	T _{ici} (K)	T _{ico} (K)	T _t (K)	A (m ²)
ANUAL	314,672	318,143	314,07	313,184	316,456	313,275	28,339

TABLA 4.21. Cálculo del área de colectores necesaria.

Por tanto, el número de colectores necesarios en nuestra instalación será:

$$n^{\circ} \text{ colectores} = \frac{A}{2,3} = 12,32 \Rightarrow 13 \text{ colectores}$$

Por tanto, necesitamos 13 colectores solares para satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria que tienen nuestras viviendas.

Una vez conocido que necesitamos 13 colectores solares para contribuir con la fracción solar mínima del 60% anual establecido por la ciudad de Valencia, pasamos a realizar los cálculos mensuales de nuestra instalación.

Iterando otra vez con las ecuaciones establecidas anteriormente obtenemos los siguientes resultados:

	To (K)	T _{red} (K)	I _t (W/m ²)	T _{ci} (K)	T _{co} (K)	T _{cons} (K)	T _{ici} (K)	T _{ico} (K)	T _t (K)	f (%)
ENERO	285,1	281,1	613,55	297,023	302,722	297,369	294,58	299,952	295,327	32,4
FEBRERO	286,1	282,1	580,87	302,954	309,413	303,606	300,187	306,274	300,938	42,4
MARZO	288,1	284,1	685,19	312,309	320,612	313,127	308,75	316,577	309,677	59,4
ABRIL	290,1	286,1	663,16	318,52	328,084	319,464	314,421	323,436	315,491	59,4
MAYO	293,1	287,1	650,3	320,927	330,428	321,842	316,855	325,81	317,875	75,7
JUNIO	296,1	288,1	660,82	324,325	334,192	325,262	320,096	329,397	321,128	82,8
JULIO	299,1	289,1	700,88	331,588	341,856	332,511	327,188	336,866	328,157	98,9
AGOSTO	300,1	288,1	701,18	333,748	343,393	334,564	329,614	338,705	330,422	100,4
SEPTIEMBRE	297,1	287,1	746,61	320,982	329,845	321,808	317,184	325,538	318,079	75,7
OCTUBRE	293,1	286,1	676,86	313,094	320,32	313,775	309,997	316,808	310,741	59,1
NOVIEMBRE	289,1	284,1	661,12	301,696	307,508	302,301	299,205	304,684	299,918	37,3
DICIEMBRE	286,1	281,1	590	293,892	298,684	294,422	291,838	296,355	292,489	25,8

TABLA 4.22. Cálculo de la fracción solar mensual con pérdidas



Cálculo de la fracción solar anual

La fracción solar anual se calcula como la relación entre la suma de aportaciones solares mensuales y la suma de las demandas energéticas de cada mes:

$$f = \frac{\sum_{mes=1}^{12} EU_{mes}}{\sum_{mes=1}^{12} V_{ACS\,mes}}$$

Siendo:

EU_{mes} la energía útil mensual aportada por la instalación solar para la producción de agua caliente sanitaria de las viviendas.

$V_{ACS\,mes}$ la demanda energética.

$$EU_{mes} = f_{mes} \cdot V_{ACS\,mes}$$

Por tanto,

	f	VACS (MJ)	EU(MJ)
ENERO	0,32	12634,96	4043,19
FEBRERO	0,424	11192,76	4745,73
MARZO	0,594	11906,02	7072,18
ABRIL	0,594	11051,67	6564,69
MAYO	0,757	11177,08	8461,05
JUNIO	0,828	10581,39	8761,39
JULIO	0,989	10691,12	10573,52
AGOSTO	1,004	10934,1	10977,84
SEPTIEMBRE	0,757	10816,53	8188,11
OCTUBRE	0,591	11420,06	6749,26
NOVIEMBRE	0,373	11521,95	4297,69
DICIEMBRE	0,258	12634,96	3259,82

TABLA 4.23. Cálculo de la energía útil mensual



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Así, la fracción solar anual será:

$$f = \frac{\sum_{mes=1}^{12} EU_{mes}}{\sum_{mes=1}^{12} V_{ACS_{mes}}} = \frac{83694,46 MJ}{136562,60 MJ} = 0,613$$

Por tanto, en nuestra instalación, diseñada para 13 captadores solares, dispondremos de una fracción solar anual de:

$$f = 61,3\%$$

La cobertura solar en nuestras viviendas cumple la Ordenanza del Ayuntamiento de Valencia de manera adecuada, ya que esta impone que la contribución solar mínima, como vimos anteriormente, debía ser del 60%.

Como podemos observar en las tablas anteriores, en nuestra instalación se cumple perfectamente las normas establecidas en el CTE ya que en ningún mes del año la energía producida por la instalación sobrepasa el 110%, y tampoco se sobrepasa el 100% en más de tres meses consecutivos. Si esto hubiese sucedido en nuestra instalación, el CTE establece las siguientes medidas:

- Preparar la instalación con la posibilidad de disipar estos excedentes, mediante equipos específicos o la circulación nocturna del circuito primario.
- Tapado parcial del campo de captadores
- Vaciado parcial del campo de captadores
- Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones

En el caso que nos ocupa cabe destacar que los meses en los que la contribución solar es mayor son los de verano, mientras que en Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero esta contribución solar decae bastante.

Además no será necesario recurrir a ningún disipador de energía, ni ninguna de las soluciones mostradas anteriormente ya que sólo el mes de Agosto sobrepasa ligeramente el 100% en la fracción solar.



4.3 CONCLUSIONES

Una vez hecho el dimensionado de la instalación de agua caliente sanitaria que ocupa este proyecto por el método F-CHART y mediante la aplicación del primer principio de la termodinámica al sistema de colectores (MATHCAD), veamos ahora unas breves conclusiones que se desprenden de ambos estudios.

- Primeramente, llama la atención que el método F-CHART necesita más colectores solares para obtener la fracción solar mínima requerida en la Comunidad Valenciana que mediante el otro método.
- F-CHART es un método más restrictivo que la aplicación del primer principio de la termodinámica y menos ajustado a la realidad de cada ciudad en el que lo usemos, ya que además de no tener en cuenta las pérdidas en los captadores, utiliza una serie de coeficientes iguales para todos los casos, y por tanto, poco particulares y no identificativos de cada ciudad en la que hagamos los respectivos cálculos.
- El método F-CHART se utiliza desde el año 1973 en el que fue diseñado por los profesores Klein, Beckman y Duffie, por tanto queda un tanto obsoleto respecto a las nuevas herramientas informáticas de cálculo en continua evolución.
- Por tanto, y para concluir, de este estudio establecemos que el método válido para el cálculo de los colectores solares necesarios que este proyecto nos ocupa es el de realizado mediante la aplicación del primer principio de la termodinámica al sistema de colectores ya que entendemos que sus cálculos son mucho más precisos que los obtenidos mediante F-CHART.



CAPÍTULO 5

FLUIDO

CALOPORTADOR



5.1 SELECCIÓN DEL FLUIDO

Para la selección del fluido caloportador debemos ser bastante cuidadosos, ya que, a pesar de que a priori la ciudad de Valencia parece contar con temperaturas agradables, puede ser que en los períodos invernales se produzcan heladas y con ello se produzca el paso del fluido de un estado líquido a sólido.

Los fluidos de trabajo del circuito deben cumplir las siguientes condiciones:

- Deben ser resistentes a la temperatura de trabajo.
- Deben proteger contra heladas.
- Deben evitar la corrosión, en el caso de que en el circuito primario se utilicen materiales mixtos o propensos a la corrosión.
- Deben poseer un calor específico elevado, así como una buena conductividad térmica.
- No deben ser tóxicos ni contaminar el medio ambiente.
- Deben tener una baja viscosidad, y así mantener en un valor reducido las pérdidas de carga.
- Deben tener bajos costes y una buena disponibilidad.

La utilización de agua podría desencadenar que en períodos invernales se produzca la congelación de esta y por tanto, un aumento del volumen específico y un riesgo en las tuberías ya que se produciría una sobrepresión en las mismas. En períodos de temperaturas máximas ocurriría lo contrario, ya que el agua podría elevar su temperatura hasta el punto de ebullición originándose vapor de agua en las tuberías.

Por todos estos aspectos se ha llegado a la conclusión de utilizar como fluido caloportador una mezcla de agua y anticongelante (propilenglicol). La proporción necesaria de anticongelante se determinará a partir de la temperatura mínima histórica producida en Valencia que es de -8°C .

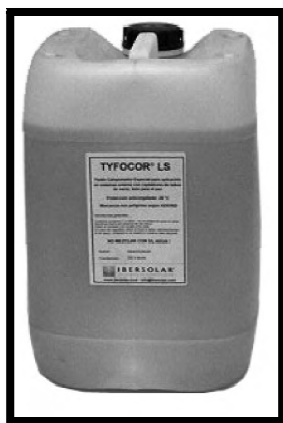


FIG.5 1. Fluido caloportador. (Fuente: Ibersolar)



El suministro de Propilenglicol se hace en bidones de 10 y 20 l cuyas características se muestran a continuación:

PROPIEDADES TYFOCOR L CONCENTRADO		
Aspecto	claro, líquido incoloro	
Punto de Ebullición	>150°C	ASTM D 1120
Punto de Solidificación	<-50°C	DIN ISO 3016
Densidad (20°C)	1.054-1.058g/cm ³	DIN 51757/ASTM D 4052
Viscosidad (20°C)	68-72mm ² /s	DIN 51562
Indice de refracción (20°C)	1.435-1.437	DIN 51423
Reserva de alcalinidad	10-13mL 0.1n HCl	ASTM D1121
pH concentrado	6.5-8.0	ASTM D 1287
pH diluido al 1:2 con agua destilada	7.5-8.5	ASTM D 1287
Contenido en agua	<4%v/v	ASTM D1123/ DIN 51777
Punto de Inflamación	>100°C	DIN 51758
PROPIEDADES TYFOCOR L AL 40 %		
Indice de refracción al 40% (20°C)	1.3801	DIN 51423
Resistencia a las heladas al 40%	-21°C	DIN ISO 3016
Densidad al 40% (20°C)	1037g/cm ³	DIN 51757/ASTM D 4052

FIG 5.2. Propiedades del Tyfocor L. (Fuente: Ibersolar)

Con la temperatura mínima histórica de -8°C y aplicando un coeficiente de seguridad de 2 para ser más conservadores, entramos en la siguiente figura para conocer el porcentaje en peso del propilenglicol.

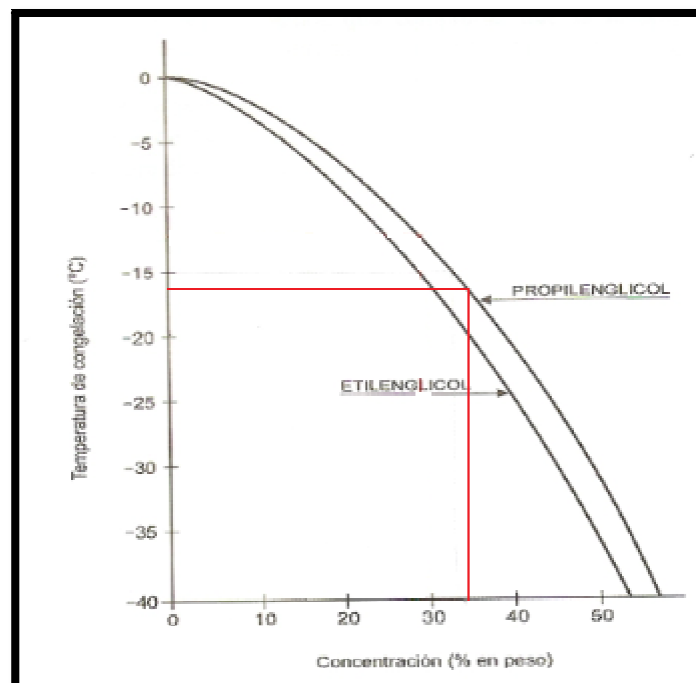


FIG.5.3. Proporción de Propilenglicol. (Fuente: Ibersolar)



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Por tanto, como podemos observar en la gráfica, tomaremos un 35% de propilenglicol y un 65% de agua.

Con estos datos obtenemos las siguientes propiedades proporcionadas por el fabricante para la mezcla:

Densidad (g/cm^3)	1,01
Viscosidad (mm^2/s)	1,3
Conductividad térmica (W/mK)	0,48
Número de Prandtl	9
Calor específico (J/gK)	3,9

TABLA 5. 1. Propiedades de la mezcla

Con esta mezcla de agua y propilenglicol evitamos también que se alcance el punto de ebullición dentro de las tuberías y así evitamos posibles deterioros y fallos en las mismas.



CAPÍTULO 6

DISPOSICIÓN DE LA INSTALACIÓN



6.1 DISPOSICIÓN GENERAL

Una vez conocido el número de colectores solares, y por tanto, el área de captación necesaria para nuestra instalación, procedemos a situar de forma más concreta los elementos de la misma sobre el plano de las viviendas.

La disposición de los captadores se puede realizar de la siguiente manera:

- En serie
- En paralelo
- En serie-paralelo

La conexión en serie hace que el fluido atraviese sucesivamente los captadores así acoplados. Como el rendimiento energético de un captador solar disminuye cuando aumenta la temperatura de entrada, la conexión en serie de dos captadores o de dos filas de captadores hace que el rendimiento de la instalación disminuya.

La disposición más adecuada es la de captadores conectados en paralelo, cuyas filas se conectan también en paralelo, pero razones de espacio y economía pueden imposibilitar a veces esta solución. Hay que tener en cuenta que las instalaciones con conexiones de sus captadores en paralelo requieren mayor caudal de fluido y secciones mayores de tuberías, por lo que es una instalación más costosa.

La sección HE4, del DB HE establece en el apartado 3.3.2.2 las condiciones que deben cumplir las conexiones de los captadores:

- Se debe presentar especial atención a la estanquidad y durabilidad de las conexiones del captador.
- Los captadores se pondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie, o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.
- Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. En el caso de que la aplicación sea exclusiva de A.C.S se podrán conectar en serie hasta 10 m² en las zonas climáticas I y II, hasta 8 m² en la zona climática III y hasta 6 m² en las zonas climáticas IV y V.
- La conexión entre captadores y entre filas se realizara de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente recomendándose el retorno invertido frente a la instalación de válvulas de equilibrado.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

En nuestro caso, tenemos 18 viviendas unifamiliares adosadas, de forma que existen dos filas de viviendas, una fila compuesta por 14 viviendas y la otra compuesta por 4 viviendas.

Como necesitamos 13 colectores solares para realizar la instalación para el suministro de agua caliente sanitaria en las mismas, optaremos por realizar una conexión en paralelo de dichos captadores.

Atendiendo a las limitaciones que se establecen en el conexionado de los captadores, y como el fabricante de nuestros colectores no establece ninguna limitación en cuanto al conexionado en paralelo de los mismos optamos por distribuir los 13 colectores tal y como se muestra en la siguiente figura:

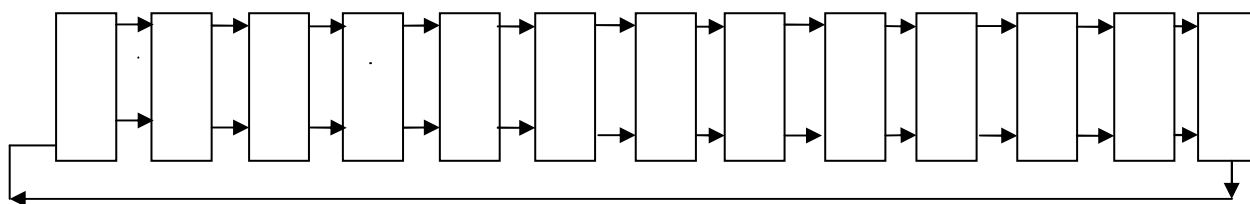


FIG.6.1. Esquema de los colectores solares

Los colectores solares los situaremos en las cubiertas de nuestras viviendas (orientación sur), en la fila de las 14 viviendas ya que dispondremos en ésta de más espacio para su colocación.



FIG. 6. 2. Situación de los colectores en la cubierta

Como parte adicional de nuestra instalación disponemos de un cuarto de calderas en donde situaremos los acumuladores, intercambiadores,... y demás elementos necesarios para completar dicha instalación.



CAPÍTULO 7

INSTALACIÓN



7.1 DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN

El CTE en su sección HE4 define una instalación solar térmica como aquella que está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica cediéndola a un fluido de trabajo y, por último almacenar dicha energía térmica de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores, o bien transferirla a otro, para poder utilizarla después en los puntos de consumo. Dicho sistema se complementa por un sistema convencional auxiliar que puede o no estar integrada dentro de la misma instalación.

El objetivo básico del sistema solar es suministrar al usuario una instalación solar que:

- Optimice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- Garantice una durabilidad y calidad suficientes.
- Garantice un uso seguro de la instalación.

El esquema principal de una instalación solar para la obtención de agua caliente sanitaria debe estar compuesto de la siguiente manera:

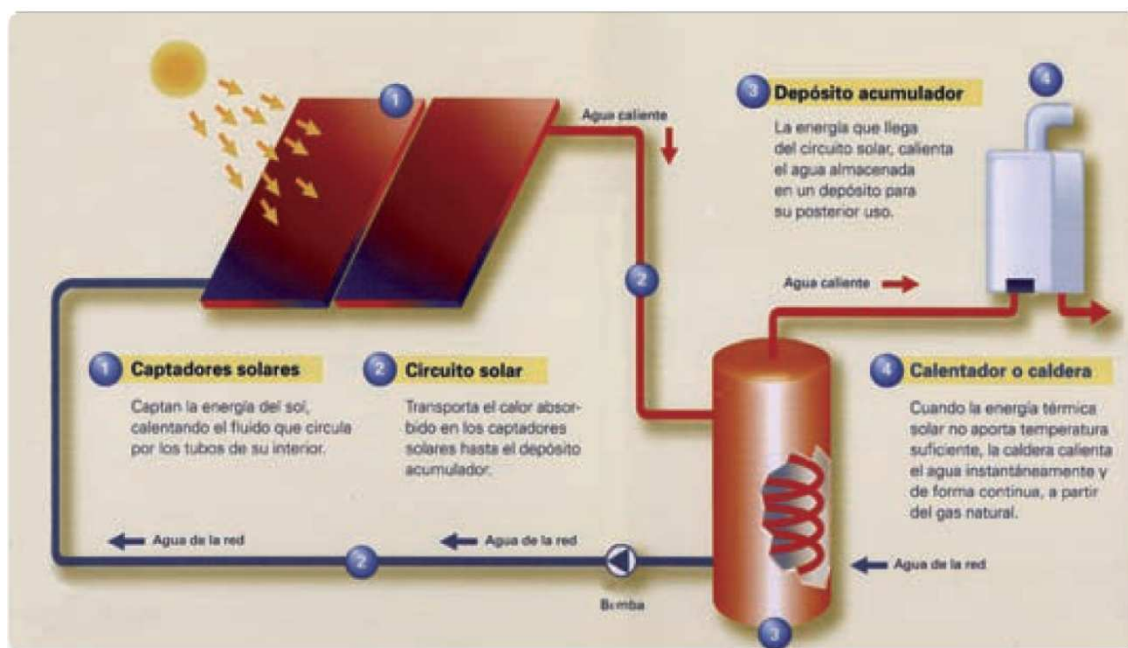


FIG. 7.1. Diseño de una instalación solar de ACS. (Fuente: IMF)



En la figura que se muestra se distinguen los siguientes componentes:

I. SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN:

El sistema de captación está formado por los captadores solares, encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se caliente el fluido de trabajo que circula por ellos.

Captador Solar

El captador solar es el elemento encargado de recoger la energía calorífica de la radiación solar y transferirla a un fluido que se calienta con facilidad y la transporta a un acumulador. Existen en el mercado infinidad de captadores solares, basados en tecnologías diversas, entre ellos denominados “solares planos” que se destinan al calentamiento de agua basándose en el efecto invernadero que captan en su interior la energía solar, sin dejar escapar el calor, transformándola en energía térmica. Existen varios modos de captar la energía solar:

Colectores planos

Son los más utilizados por tener la relación coste-producción de calor más favorable. En ellos, el captador se ubica en una caja rectangular, cuyas dimensiones habituales oscilan entre los 80 y 120cm de ancho, los 150 y 200cm de alto, y los 5 y 10cm de grosor (si bien existen modelos más grandes). La cara de expuesta al sol está cubierta por un vidrio muy fino, mientras que las cinco caras restantes son opacas y están aisladas térmicamente. Dentro de la caja, expuesta al sol, se sitúa una placa metálica. Esta placa está unida o soldada a una serie de conductos por los que fluye un caloportador (Proilenglicol en nuestro caso). A dicha placa se le aplica un tratamiento selectivo para que aumente su absorción de calor, o simplemente se la pinta de negro.

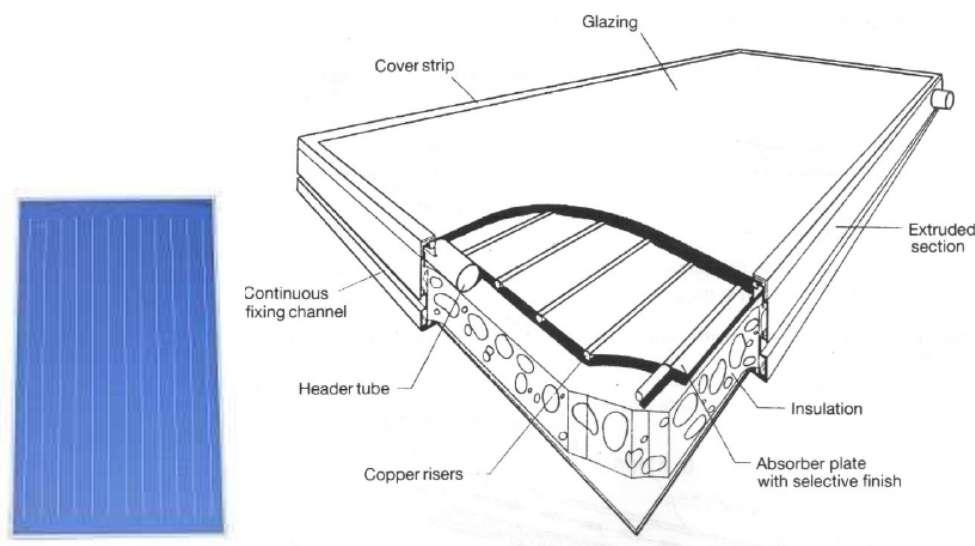


FIG. 7.2. Colector solar plano. (Fuente: Apuntes Ingeniería Térmica)



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Otro de los sistemas empleados para la captación solar es aquella que se produce mediante los denominados tubos de vacío.

Tubos de vacío

Los tubos de vacío suponen un concepto distinto: se reduce la superficie captadora a cambio de unas pérdidas caloríficas menores. La lámina captadora se coloca dentro de tubos al vacío, por tanto con unas pérdidas caloríficas despreciables. Estos tubos presentan el mismo aspecto que un tubo fluorescente tradicional, pero de color oscuro. Los paneles se forman con varios de estos tubos montados en una estructura de peine. Las ventajas de este sistema son su mayor aislamiento (lo que lo hace especialmente indicado para climas muy fríos o de montaña), y su mayor flexibilidad de colocación, ya que usualmente permite una variación de unos 20° sobre su inclinación ideal sin pérdida de rendimiento. La desventaja es un coste significativamente mayor.



FIG. 7.3. Tubos de vacío. (Fuente: ibersolar)

En el caso que nos ocupa hemos seleccionado un colector solar plano IBERSOLAR OPS-V250 como ya hemos indicado anteriormente. Como las cubiertas de nuestros edificios forman un ángulo de 25°, aprovechamos dicha inclinación para colocar nuestros colectores en esa misma inclinación y así no provocar sombras en los mismos debidos a estructuras de montaje. La orientación de los paneles será hacia el sur porque es la orientación de máxima radiación solar.

Las características fundamentales de nuestro colector, como ya se vieron anteriormente, serán:



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Modelo		OPS-V250
Captador	Unidades	Valores
Dimensiones (Ancho x Alto x Profundo)	mm	1230 x 2030 x 92.5
Área bruta	m ²	2.50
Área de apertura	m ²	2.30
Número de cubiertas		1
Espesor de la cubierta	mm	4
Material de la cubierta		Vidrio templado de bajo contenido en hierro
Tubos verticales		11 tubos de cobre
Diámetro de los tubos verticales	mm	8
Separación entre tubos	mm	100
Tubos horizontales		2 tubos de cobre
Diámetro de los tubos horizontales	mm	22
Construcción tipo		Parrilla
Peso en vacío	kg	50.00
Peso en funcionamiento	kg	52.77
Material de la carcasa		Aluminio lacado negro
Absorbedor		
Tratamiento del absorbedor		Mirotherm
Rendimiento óptico	%	74.5
Coefficiente de pérdidas k_1	W/m ² K	3.556
Coefficiente de pérdidas k_2	W/m ² K ²	0.017
Aislamiento		Lana de Roca
Espesor aislamiento lateral y posterior	mm	25 / 40
Hidráulica		
Volumen fluido caloportador	litros	1.64
Fluido Caloportador		Propilenglicol
Presión de trabajo	bar	10
Presión de prueba	bar	16
Caudal recomendado	l/hm ²	50
Conexiones de tubo liso	mm	22
Temperatura de estancamiento *	°C	193

FIG. 7.4. Características del colector plano IBERSOLAR-V250. (Fuente: Ibersolar)

Funcionamiento:

El sol incide sobre el vidrio del colector, que siendo muy transparente a la longitud de onda de la radiación visible, deja pasar la mayor parte de la energía. Ésta calienta entonces la placa colectora que, a su vez, se convierte en emisora de radiación en onda larga o infrarrojos, menos energética. Pero como el vidrio es muy opaco a esas longitudes de onda, a pesar de las pérdidas por transmisión, (el vidrio es un mal aislante térmico), el recinto de la caja se calienta por encima de la temperatura exterior.

Este principio de funcionamiento se basa en un efecto invernadero, resultado de la característica que tiene un cuerpo transparente, que deja pasar a través suyo una radiación electromagnética determinada.

Al paso por la caja, el fluido caloportador que circula por los conductos se calienta, y transporta esa energía térmica a donde se desee.

El rendimiento de los colectores mejora cuanto menor sea la temperatura de trabajo, puesto que a mayor temperatura dentro de la caja (en relación con la exterior), mayores serán las pérdidas por transmisión en el vidrio. También, a mayor temperatura de la placa captadora, más energética será su radiación, y más transparencia tendrá el vidrio a ella, disminuyendo por tanto la eficiencia del colector.

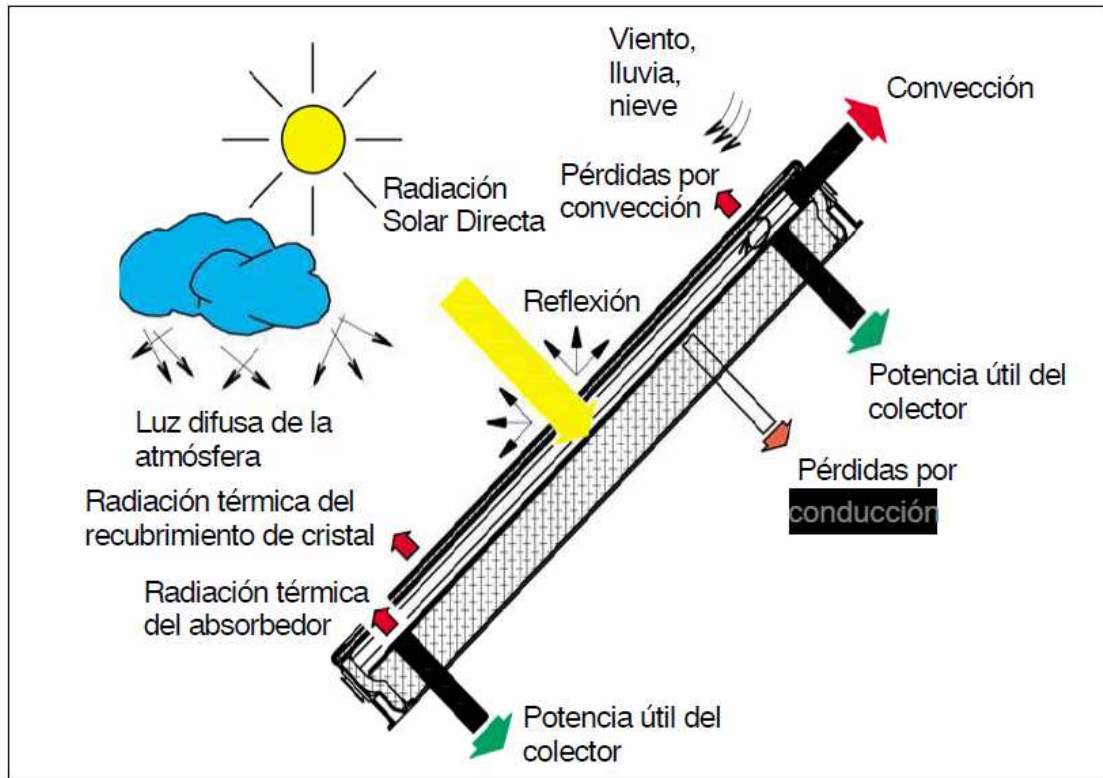


FIG. 7.5. Funcionamiento del colector solar. (Fuente: IMF)

Pérdida de carga en los paneles solares:

El caudal circulante por un panel es de 115 l/h según los datos proporcionados por el fabricante de los mismos.

Según se indica en el catálogo del fabricante, la pérdida de carga en un panel viene dado por:

$$\Delta P = 0,223 \cdot C + 0,00784 \cdot C^2$$

Siendo C el gasto másico de un panel en Kg/h, la pérdida de carga en uno de los paneles será:

$$\Delta P = 129,32 \text{ mbar} = 12,93 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Por tanto, como tenemos 8 paneles instalados, la pérdida de carga total será:

$$\Delta P_{total} = 10,34 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$



II. SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Las horas del día de mayor demanda de agua caliente en los edificios, no suelen coincidir con aquellas en las que el sol aporta su mayor intensidad de radiación, por lo que es necesario aprovechar al máximo la radiación solar, a fin de elevar la temperatura del agua al máximo durante aquellos momentos del día en que esto no sea posible. Se pretende conservar el agua en un depósito acumulador, en forma de calor sensible y utilizarla cuando surja la demanda.

Acumulador Solar

El acumulador se encarga de almacenar la energía térmica generada por las placas solares. Su misión es independizar el suministro de calor del consumo, porque la máxima aportación energética solar no suele coincidir con su demanda, adecuando de esta manera la disponibilidad a la necesidad.

Resulta imprescindible en las instalaciones puesto que, los periodos de radiación solar y la entrada de energía no suelen corresponder con los periodos en los que tiene lugar el consumo de agua caliente. En la producción de agua caliente se emplea el calor sensible contenido en el propio agua. El almacenamiento de energía térmica se realiza mediante la utilización de un acumulador y el tipo de acumulador depende a lo que se destine: agua caliente sanitaria, climatización, calefacción o uso industrial (en nuestro caso ACS). Existen en el mercado aproximadamente unos mil acumuladores diferentes en tipo y marca. Los más comunes son los acumuladores de agua caliente sanitaria, de inercia o combinados. Los acumuladores de agua caliente sanitaria deben ser capaces de soportar los altos niveles de presión y temperaturas de trabajo previstas, no sufrir deterioros por fenómenos de corrosión y han de cumplir obligatoriamente con los requisitos exigidos al almacenamiento de agua potable. Aparte se han de solicitar un buen aislamiento térmico, adecuada estratificación de temperaturas, elevada capacidad térmica del medio de almacenamiento, bajos costes y una vida útil de aproximadamente 25 años.

En el acumulador el agua tiende a estratificarse debido a las diferentes densidades en función de su temperatura. En la parte superior del depósito será algo mayor a la inferior. Es importante potenciar este efecto con depósitos verticales con la altura no menor que el doble del diámetro.

El acumulador solar tiene una forma geométrica, siendo la altura mayor que el diámetro, y así, de esta manera, favorecemos esta estratificación de la que hablamos. Con el aumento de temperatura, al disminuir la densidad del agua, cuanto mayor sea la altura del acumulador, mayor será la diferencia entre la parte superior e inferior del mismo.

En un acumulador, la entrada de agua fría se debe realizar por la parte baja y la salida de agua caliente desde la zona alta, para no romper dicha estratificación. Asimismo, el flujo de entrada no debe provocar corrientes dentro del acumulador ni la mezcla del fluido, por los mismos motivos.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

En el CTE se indica el posicionamiento de las tomas de entrada y salida que deben llevar los acumuladores.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido y, además:

- La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al interacumulador se realizará, preferentemente a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo.
- La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- La conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizarán por la parte inferior.
- La extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.

En definitiva, los acumuladores solares suelen tener forma alargada, situados en vertical, para aumentar la estratificación.

Por tanto, el funcionamiento del acumulador solar es sencillo, por la parte superior del mismo se lleva a cabo la extracción del agua para su consumo, mientras que en la parte inferior se produce el calentamiento solar.

Para el diseño del captador solar tenemos en cuenta que el CTE dice que el área de los captadores tendrá que tener un valor tal que se cumpla la siguiente condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Siendo,

A= Suma de las área de los captadores

V= Volumen del depósito de acumulación solar

Para que se cumpla la condición anterior, ya que el área de nuestros colectores solares es de 2.3 m², y hemos de instalar un total de 13 colectores, elegimos un acumulador solar de 2000 L.

Como vemos, esta capacidad del acumulador solar cumple con las exigencias del CTE:

$$50 < \frac{2000}{13 \cdot 2,3} < 180 \Rightarrow 50 < 66,89 < 180 \Rightarrow \text{CUMPLE!!}$$

Por tanto, elegimos un acumulador solar de la marca CERAMAPLAST con boca de hombre DN-400, capacidades de 1.000 a 10.000 litros, sistema de protección electrónico y aislamiento térmico flexible. Como nuestras necesidades diarias son de 1872 litros, elegimos un acumulador de capacidad 2000 litros cuyas características se muestran en la siguiente tabla:



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

CAPACIDAD ACUMULADOR			1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000	10000
d	Diámetro sin aislamiento	mm	800	950	1100	1250	1250	1400	1600	1600	1800	1900
D	Diámetro con aislamiento flexible "RF"	mm	900	1050	1200	1350	1350	1500	1700	1700	1900	2000
D	Diámetro con aislamiento rígido "RC"	mm	980	1130	1280	1430	1430	1680	1770	1770	-	-
HT	Altura Total	mm	2120	2370	2420	2480	2730	2800	2835	3335	3410	3470
DFL	Diámetro brida	mm	400×480	400×480	400×480	400×480	400×480	400×480	400×480	400×480	400×480	400×480
K	Altura máx. al volcar	mm	2170	2430	2495	2570	2820	2900	2970	3450	3550	3620
CONEXIONES												
E	Entrada agua fría	GAS	1"½	2"	2"	2"½	2"½	3"	3"	3"	3"	3"
U	Salida agua caliente sanitaria	GAS	1"¼	2"	2"	2"½	2"½	3"	3"	3"	3"	3"
RC	Recirculo sanitario	GAS	1"½	2"	2"	2"½	2"½	3"	3"	3"	3"	3"
RE	Conexión resistencia eléctrica	GAS	1"½	1"½	1"½	2"	2"	2"	2"	2"	2"	2"
S	Vaciado	GAS	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼	1"¼
A	Conexión ánodo de magnesio	GAS	1"½	1"½	1"½	1"½	1"½	1"½	1"½	1"½	1"½	1"½
So	Conexión sonda	GAS	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"
AE	Conexión ánodo electrónico	GAS	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"
PE	Presión máx. de trabajo	bar	8/10	6/8/10	6/8/10	6/8/10	6/8/10	6/8/10	6/8/10	6/8/10	6/8/10	6/8/10
PC	Presión de ensayo	bar	12/15	9/12/15	9/12/15	9/12/15	9/12/15	9/12/15	9/12/15	9/12/15	9/12/15	9/12/15
TE	Temp. máx. de trabajo	°C	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110

A continuación se muestra un esquema donde se pueden identificar las diferentes características constructivas indicadas en el cuadro anterior.

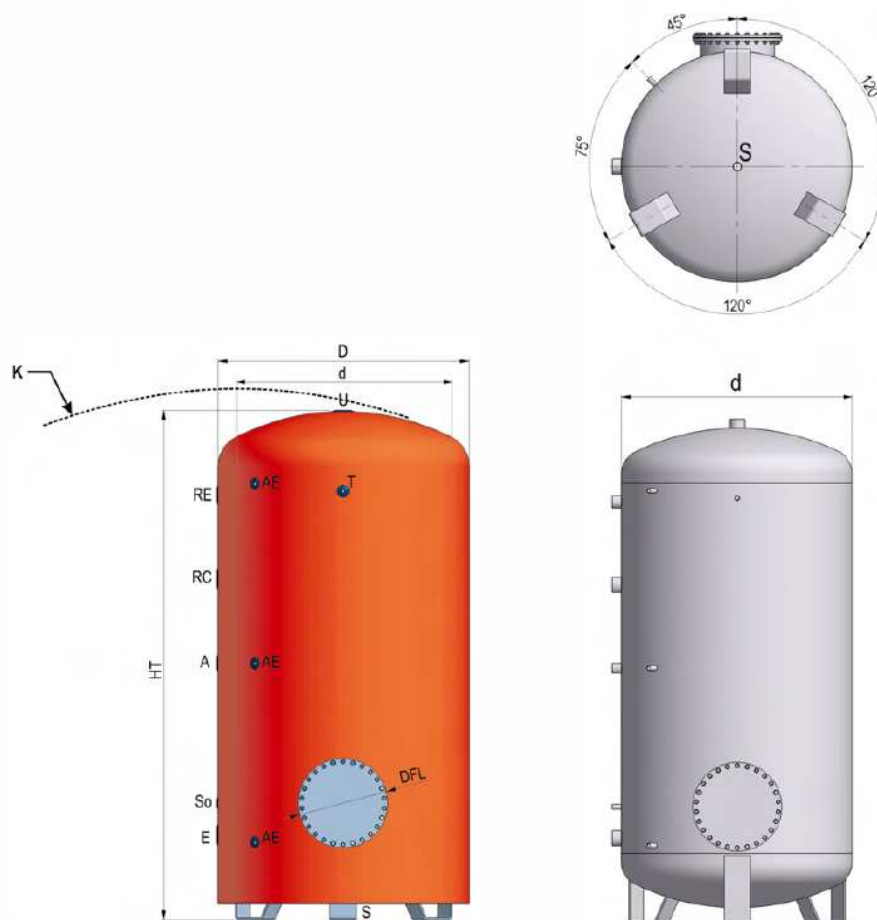


FIG. 7.6. Acumulador solar. (Fuente: Proinso)



III. SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

En este sistema se engloban todos los elementos destinados a la distribución y acondicionamiento para el consumo. Realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.

Tuberías

Se recomienda utilizar tuberías de conexión metálicas debido a las altas temperaturas y presiones que se alcanzan en el circuito. Los materiales utilizados para el aislamiento de estas tuberías deben superar correctamente cualquier tipo de incidencia climatológica, ya que, en muchos casos se encuentran situadas en tramos exteriores.

Las pérdidas de calor en tuberías y conductos de ida y retorno a los colectores pueden ser significativas. Es necesario un adecuado aislamiento. La longitud de las tuberías necesaria se suele estimar para cálculos iniciales en base al área de captación. Es posible incluir el efecto de las pérdidas en las tuberías utilizando una ecuación modificada para el colector.

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de las tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible y evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

Seleccionamos tuberías de cobre, tanto para el circuito primario como para el secundario. Lo único que va a diferenciar ambos circuitos es que a través del circuito primario fluye propilenglicol cuya densidad es ligeramente superior a la del agua, mientras que por el circuito secundario fluye agua.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discorra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados. (Pliego de condiciones técnicas solar a baja temperatura)

Por tanto, para el cálculo del diámetro necesario en las tuberías se recurre a la siguiente expresión:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}}$$

Donde,

D = Diámetro de la tubería (cm)

Q = Caudal (m³/h)

v = Velocidad del fluido.

El caudal que circula por la instalación es el caudal recomendado por el fabricante, en nuestro caso 115 l/h y colector. Así, para nuestro conjunto de 13 colectores el caudal que circula por la instalación será:

$$Q = 115 \frac{l}{h} \cdot 13 = 1495 \frac{l}{h} = 4,15 \cdot 10^{-4} m^3 / s$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Como vimos en la condición anterior, la velocidad del fluido debe ser inferior a 2 m/s, por lo que estimamos inicialmente una velocidad de 1.5 m/s

Por tanto, sustituyendo en la ecuación del diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} = 18.8 \text{ mm}$$

Usaremos para nuestras tuberías de cobre un diámetro exterior de 22 mm ya que es el diámetro inmediatamente superior normalizado según la norma UNE-37-141-76 referente a la normalización de los diámetros y espesores en tuberías de cobre.

Tubería de cobre						
Diámetro exterior nominal en mm	Espesores en mm					
	0,75	1	1,2	1,5	2	2,5
Diámetro interior en mm						
6	4,5	4				
8	6,5	6				
10	8,5	8				
12	10,5	10				
15	13,5	13				
18	16,5	16				
22		20	19,6	19		
28		26	25,6	25		
35		33	32,6	32		
42		40	39,6	39		
54			51,6	51		
63				60	59	
80				77	76	
100					96	95

FIG. 7.7. Tabla normalizada de diámetros en tuberías de cobre

Como vemos en el cuadro anterior, tomaremos un espesor de 1 mm para nuestras tuberías, y por tanto, el diámetro interior de las mismas será de 20 mm.

Con el valor del diámetro ya calculado podemos establecer la velocidad real del paso del fluido a través de la instalación de la siguiente forma.

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = 1,09 \text{ m/s}$$

Pérdidas en tuberías:

Determinado el diámetro de las tuberías que debemos instalar, calculamos ahora la pérdida de carga en las mismas por unidad de longitud. Para ello utilizamos la fórmula de Darcy- Weisbach:

$$\Delta p_f = f \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{D_{\text{int}} \cdot 2} \cdot L$$



Siendo,

f el coeficiente de fricción

V la velocidad del fluido

ρ la densidad del fluido

D_{int} el diámetro interior de la tubería

El factor de fricción (f) necesario para calcular la pérdida de carga, lo obtenemos a partir del diagrama de Moody en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa.

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D_{\text{int}}}{\nu} = 1434,21$$

$\varepsilon = 2 \mu\text{m}$ (Rugosidad media del cobre)

$$\frac{\varepsilon}{D_{\text{int}}} = 1 \cdot 10^{-4}$$

Entrando en el diagrama de Moody:

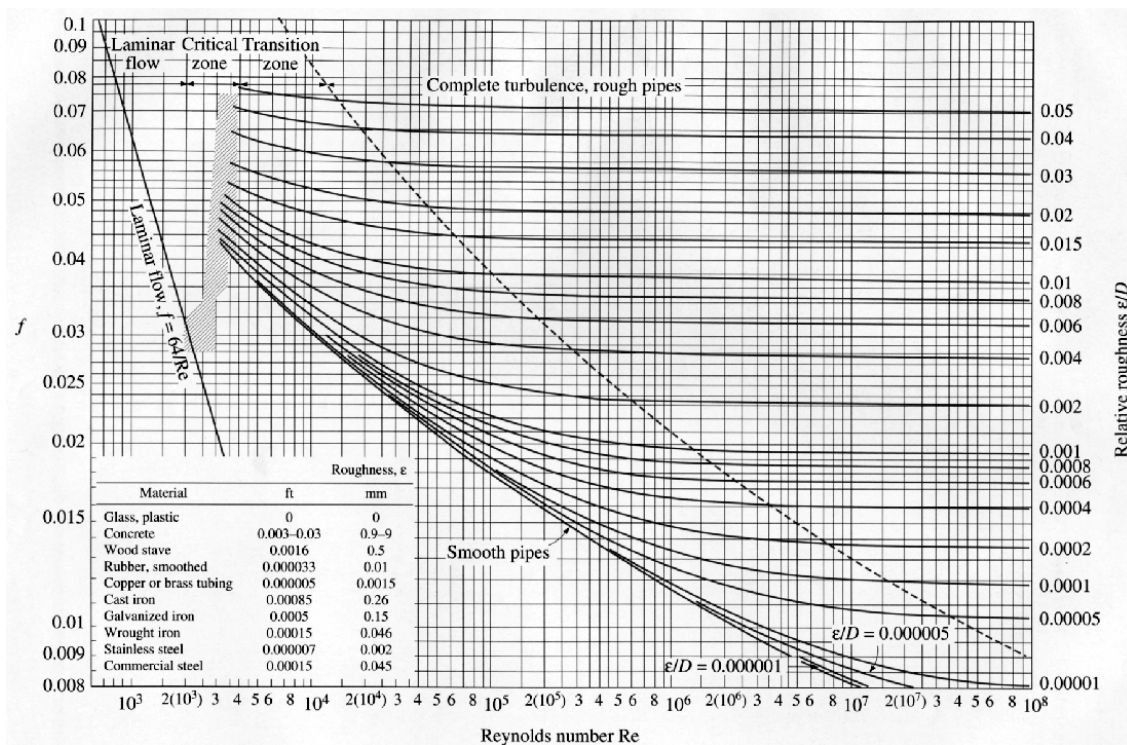


FIG. 7.8. Diagrama de Moody



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Introduciendo los valores calculados anteriormente, obtenemos que el factor de fricción es aproximadamente:

$$f = 0.045$$

A continuación se pasa a calcular las longitudes equivalentes a los accesorios instalados en el circuito.

ELEMENTO	LONGITUD (m)	NÚMERO	LONGITUD TOTAL (m)
CODO 90°	0,5	18	9
VÁLVULA ANTIRRETORNO	0,3	2	0,6
T ESTANDAR- FLUJO DIRECTO	0,15	18	2,7
TOTAL			7,8

TABLA 7. 1. Cálculo de la longitud de las tuberías

La longitud total del circuito será entonces de 246,78 m.

Por tanto, aplicando la fórmula de Darcy – Weisbach, la pérdida de carga total en nuestro circuito será:

$$\Delta p_f = f \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{D_{\text{int}} \cdot 2} \cdot L = 3,33 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Aislamiento térmico para las tuberías

Para el aislamiento de nuestras tuberías usaremos un aislamiento flexible de la marca SH/ARMAFLEX que tiene las siguientes características:

La combinación exclusiva de las propiedades naturales de aislamiento del aire estanco y el diseño innovador de las coquillas SH/Armaflex Star, aporta una mayor eficacia térmica para un aislamiento de su espesor nominal, en comparación con las coquillas tradicionales.

Las ventajas de este aislamiento son:

- Ahorra gastos de almacenamiento - menor cantidad de artículos en almacén
- Facilita el trabajo - con sólo 5 referencias se cubren todos los diámetros de tubos de cobre, hierro y plástico de 12 hasta 42 mm. de diámetro
- Reduce el tiempo de instalación - las cápsulas interiores en forma de estrella ofrecen menos fricción y encajan mejor y más rápidamente en el tubo
- SH/Armaflex Star es la solución para codos - la mayor flexibilidad de su diámetro interior facilita su instalación
- Ahorra energía - hasta un 15% más que con las coquillas de aislamiento tradicionales
- Se centra mejor sobre el tubo - las cápsulas sujetan el aislamiento firmemente sobre el tubo

Otras características de SH/Armaflex Star:

- Resiste a todos los materiales utilizados habitualmente en la construcción
- Cumple con las normas internacionales ISO 9002 e ISO14001
- Idóneo para todas las temperaturas y usos en calefacción e hidrosanitaria, hasta temperaturas de +105°C
- Clasificado al fuego M-1 (UNE23727)
- Cumple con la NBE-CPI-96

Un estudio riguroso realizado en conjunto con una conocida institución europea, ha demostrado el importante papel que juega el aislamiento de instalaciones en un edificio:

- Los edificios residenciales aportan el 40% del total de las emisiones de CO₂
- Un metro de Armaflex puede evitar la emisión de hasta 30 Kg. de polución de CO₂ al año
- En tan sólo unos días, Armaflex ahorra una cantidad de energía equivalente a la gastada en su fabricación



FIG. 7.9. Aislamiento para tuberías. (Fuente: Catálogo del fabricante)

Vasos de expansión

Un Vaso de expansión o Depósito de expansión es un elemento utilizado en circuitos de calefacción de edificios para absorber el aumento de volumen que se produce al expandirse, por calentamiento, el fluido caloportador que contiene el circuito.

Su función es compensar los cambios de volumen del fluido de trabajo ocasionados por la dilatación térmica, evitando el escape del fluido de trabajo a través de la válvula de seguridad cuando el fluido se calienta. Al calentarse el circuito primario, una parte del fluido entra en el vaso de expansión, regresando al circuito cuando se enfría, manteniendo así la presión en el circuito dentro del rango de presiones admisibles y siempre por encima de la atmosférica, impidiéndose la introducción de aire en el circuito cuando vuelve a enfriarse.

También se utilizan en otras instalaciones en las que se producen cambios de temperatura, y por lo tanto de volumen, de algún fluido (generalmente agua).

Tipos:

- Vaso de expansión abierto: El vaso de expansión abierto es un recipiente que debe de estar colocado en la parte más alta de la instalación para recoger el agua sobrante de la expansión y devolverla cuando se enfría el caloportador. Es importante que el agua contenida en este depósito tenga el menor contacto posible con el aire, puesto que si se oxigena produciría oxidación de los componentes de la instalación al reintroducirse



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

- Vaso de expansión cerrado: El vaso de expansión cerrado está formado por dos zonas: una en contacto con el circuito primario de calefacción y por tanto llena de agua y una segunda zona llena de aire o gas nitrógeno en su caso. Estas zonas están separadas por una membrana impermeable. Cuando el agua se expande, aumentando de volumen, la membrana cede comprimiendo el aire y logrando una presión de funcionamiento estable. Este tipo de vaso produce una sobrepresión en el circuito, cuestión que debe de estar prevista para que no dañe sus componentes. Su ventaja es que puede estar en el mismo local que las calderas y por lo tanto al abrigo de las heladas.



FIG. 7.10. Vasos de expansión. (Fuente: suministrosgl)

En las instalaciones solares, como es el caso que nos ocupa, se utilizan vasos de expansión cerrados (el fluido contenido en el mismo no está en comunicación directa con la atmósfera), ya que son de fácil montaje, no requieren de aislamiento, no absorbe oxígeno del aire y no elimina las pérdidas por evaporación del fluido.

Los vasos de expansión con membrana resistentes a altas temperaturas están recomendados para sistemas solares. Su función es absorber las dilataciones del fluido caloportador en caso de aumentar de temperatura en el circuito primario.

Sin un vaso de expansión sería imposible evitar el escape del fluido de trabajo en un circuito cerrado a través de la válvula de seguridad cuando el fluido primario se calienta. Al calentarse, una parte del fluido entra en el vaso de expansión. Cuando el sistema se enfría, regresa al circuito. El vaso de expansión sirve así también para mantener la presión en el circuito dentro del rango de presiones admisibles, impidiéndose la introducción de aire en el circuito cuando el sistema vuelve a enfriarse.

Para el diseño del vaso de expansión, debemos tener en cuenta que la temperatura mínima corresponde a la temperatura mínima ambiental para la ciudad de Valencia, en nuestro caso se da en el mes de Enero con 12°C , y la temperatura máxima corresponde con la temperatura de estancamiento del colector seleccionado, que en nuestro caso será de 193°C .

Con estos datos, el volumen de fluido de la instalación corresponde al que circula tanto por las tuberías como por el colector, y se calcula de la siguiente manera:



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

$$V = V_{tuberías} + V_{colectore} = \frac{\pi \cdot D_{int}^2}{4} \cdot L + V_{colector} = \frac{\pi \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 246,78 + 1,64 \cdot 10^{-3} = 0,079 m^3 = 79 l$$

Para obtener el peso, multiplicamos el volumen obtenido por la densidad del fluido caloportador ($\rho = 1,01 \cdot 10^3 \text{ Kg} / m^3$) como se muestra a continuación:

$$m = V \cdot \rho = 79,95 \text{ Kg}$$

Multiplicando este valor por el volumen específico máximo, es decir, por el volumen específico a la temperatura de estancamiento del colector proporcionada por el fabricante, obtenemos el volumen máximo:

$$V_{máx} = m \cdot v_{193^\circ C} = 79,95 \text{ Kg} \cdot 1,683 \cdot 10^{-3} m^3 / \text{Kg} = 0,1345 m^3$$

Por tanto el volumen mínimo será:

$$V_{mín} = m \cdot v_{12^\circ C} = 79,95 \text{ Kg} \cdot 1,004 \cdot 10^{-3} m^3 / \text{Kg} = 0,0802 m^3$$

Así pues, la diferencia de volúmenes será:

$$\Delta V = 0,054 m^3$$

Para obtener el volumen final que necesitamos para nuestro vaso de expansión, aplicamos un coeficiente de seguridad de 2, y tenemos:

$$V_{vaso} = \Delta V \cdot 2 = 0,108 m^3$$

Optamos entonces por instalar un vaso de expansión de 140 l proporcionado por el fabricante SALVADOR ESCODA, cuyas características se muestran a continuación:


	Código	Tipo	Capacidad (litros)	Presión. máx. trabajo (bar)	Dimensiones aproximadas		Conexión de agua Ø DIN 259	Presión precarga (bar)	Dimensiones del embalaje (mm)
					D (mm)	H (mm)			
	AC 04 000	5 CMF	5	4	200	240	3/4"	1,5	200 x 200 x 240
	AC 04 002	8 CMF	8	4	200	328	3/4"	1,5	200 x 200 x 330
	AC 04 003	12 CMF	12	4	270	304	3/4"	1,5	270 x 270 x 300
	AC 04 004	18 CMF	18	4	270	405	3/4"	1,5	270 x 270 x 400
	AC 04 006	35 CMF	35	4	360	465	3/4"	1,5	360 x 360 x 460
	AC 04 007	50 CMF	50	4	360	628	3/4"	1,5	360 x 360 x 640
	AC 04 015	80 CMF	80	6	485	585	1"	1,5	485 x 485 x 585
	AC 04 009	100 CMF	100	6	485	660	1"	1,5	485 x 485 x 660
	AC 04 010	140 CMF	140	6	485	945	1"	1,5	485 x 485 x 950
	AC 04 011	200 CMF	200	6	600	860	1"	1,5	600 x 600 x 890
	AC 04 012	250 CMF	250	6	600	1.095	1"	1,5	600 x 600 x 1120
	AC 04 013	300 CMF	300	6	600	1.270	1"	1,5	
	AC 04 014	400 CMF	400	6	600	1.510	1"	1,5	

TABLA 7.2. Catálogo de vasos de expansión. (Fuente: Salvador Escoda)



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Código: AC 04 010

Capacidad: 140 l

Presión máxima de trabajo: 6 bar



FIG. 7.11. Vaso de expansión. (Fuente: Salvador Escoda)

A continuación se muestra un esquema de la instalación de un vaso de expansión.

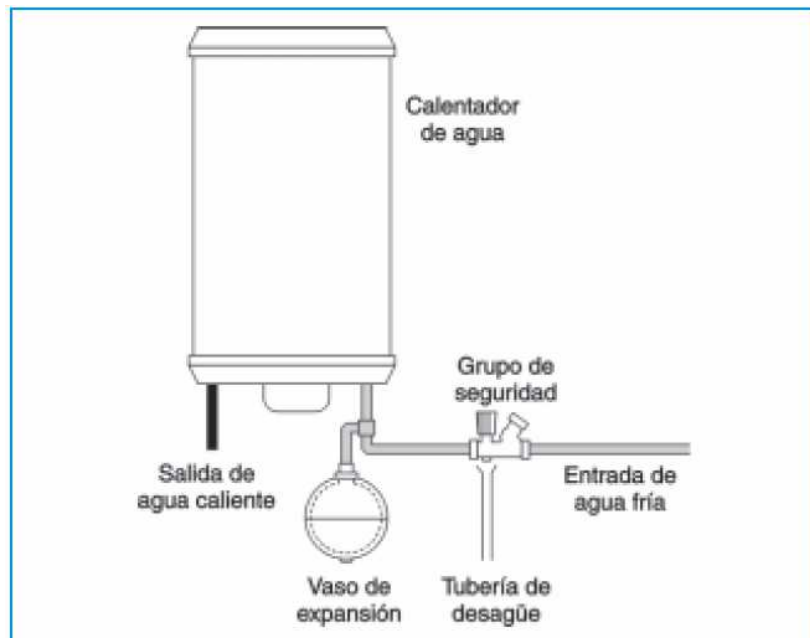


FIG. 7.12. Instalación del vaso de expansión. (Fuente: Salvador Escoda)



Bombas

La bomba de circulación del circuito de colectores es otra parte más de toda instalación solar térmica dedicada al calentamiento de agua para uso doméstico o industrial. La bomba es el componente de la instalación cuya misión fundamental es compensar la pérdida de presión hidrostática dando el impulso necesario para producir la circulación del fluido caloportador en el circuito.

Gobernada por el sistema de control, y arrancando y parando respecto a unas temperaturas. Es un aliado del sistema de control para moverse exclusivamente cuando se aporte calor al depósito de acumulación o cuando sea necesario refrigerar o calentar los colectores.

Las bombas utilizadas en sistemas de energía solar térmica son de tipo centrífugo, deben vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por la tubería, y mantener la presión deseada en cualquier punto de la instalación, sin embargo no debe considerarse la presión hidrostática porque la columna de agua ejerce una fuerza tanto en el sentido de impulsión como en el de aspiración, anulándose por tanto sus efectos.

En el mercado existen bombas de circulación para fluidos calientes, para todos los gustos y utilidades.

La altura manométrica H en el punto de trabajo debe compensar la pérdida de carga del circuito, determinada fundamentalmente por:

- Pérdida de carga en el tramo más desfavorable de la tubería
- Pérdida de carga producida por el intercambiador de calor
- Pérdida de carga de los captadores solares

$$H = Pdc_{tuberías} + Pdc_{int\ ercambiador} + Pdc_{captadores}$$

Conocidos los valores de Q y de H se selecciona una bomba cuya curva característica esté por encima del punto de funcionamiento de diseño.

Optamos para nuestra instalación por una bomba WILO STAR ST 25/6 con carcasa de fundición gris con protección de cataforesis, rodete de polipropileno reforzado con fibra de vidrio y eje de acero inoxidable con cojinetes de grafito.



FIG. 9. 13. Bomba de circulación WILO STAR. Fuente: www.ibersolar.es



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

La curva característica de la bomba viene determinada por la siguiente gráfica:

WILO STAR ST 25/6

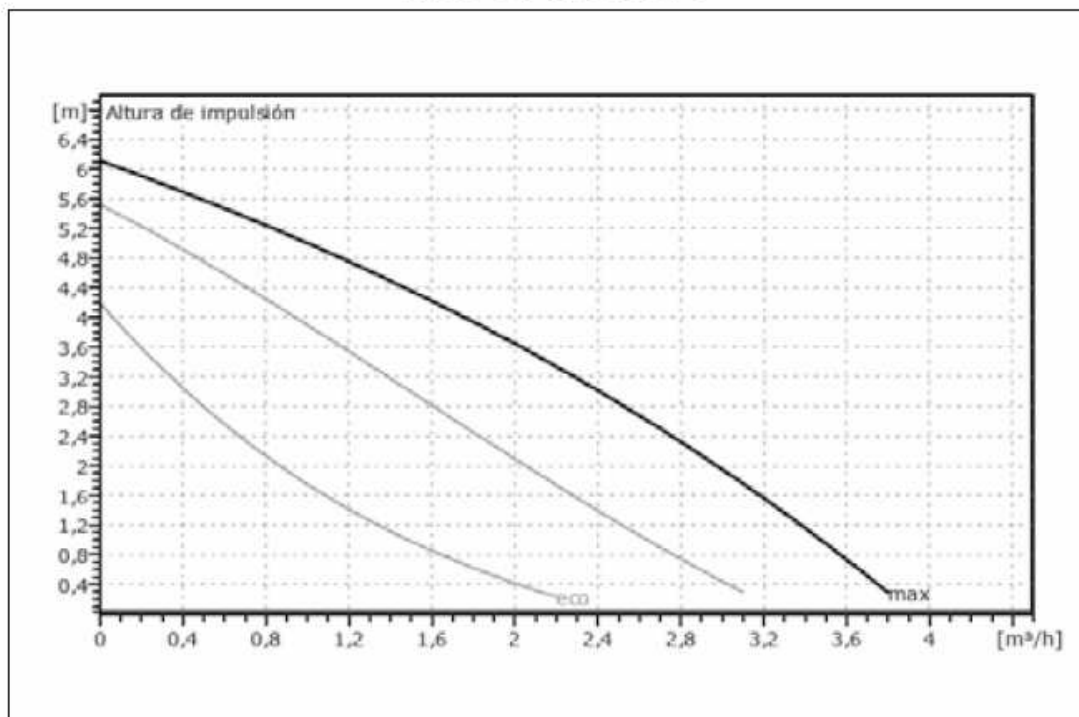


FIG. 7.14. Curva característica de la bomba de circulación WILO STAR. (Fuente: Ibersolar.es)



Purgadores

Los purgadores son sistemas necesarios para realizar la purga de aire que queda contenida en la instalación. La presencia de aire perjudica el buen funcionamiento de los circuitos, especialmente cuando se concentra en forma de bolsas que pueden llegar a impedir la circulación del fluido. Los purgadores pueden ser de dos tipos:

- De accionamiento manual, en los que se acumula el aire pero no sale hasta que se afloja la válvula existente.
- De accionamiento automático, que dejan salir el aire cuando se acumula una cierta cantidad.

El CTE establece los siguientes criterios para el purgador de aire:

- En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.
- En el caso de utilizar purgadores automáticos, adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual.

Debido a la posibilidad de formación de vapor, en el circuito primario no es aconsejable la instalación de purgadores automáticos. Por tanto, usaremos purgadores manuales en la instalación como se muestra en la siguiente figura.



FIG. 7.15. Purgador manual



Válvulas

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son dispositivos que se emplean para controlar o impedir la circulación del fluido por una tubería. Como todos los elementos de los circuitos hidráulicos, las válvulas deben resistir las condiciones de máxima temperatura y presión a las que se vayan a ver sometidas.

Asimismo, las situadas en el circuito primario deben ser compatibles con la mezcla de agua y anticongelante que circula por él.

El DB HE del CTE, establece que las válvulas de seguridad deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

La presión de la válvula de seguridad debe ser menor a la presión máxima del elemento más débil de la instalación.

Seleccionamos una válvula de seguridad regulable SALVADOR ESCODA con las siguientes características:



CONDICIONES DE TRABAJO

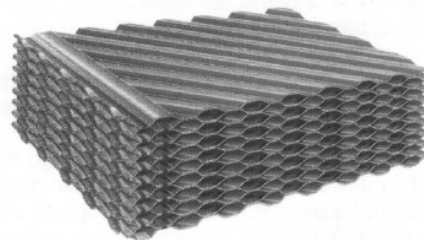
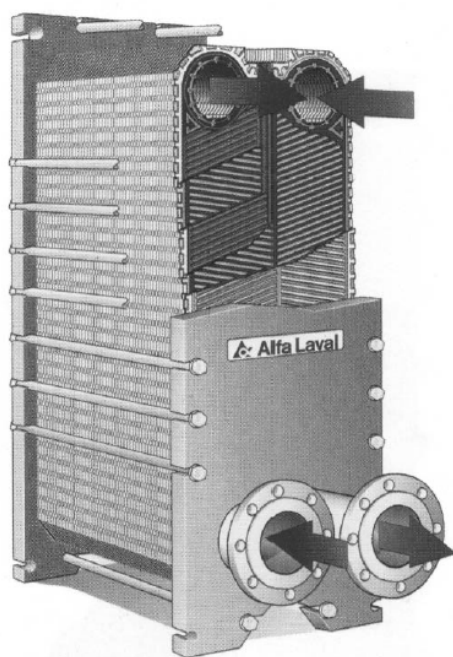
- Presión nominal: 16 bar
- Campo de regulación: 2 a 8 bar
- Temperatura máxima: 150° C

FIG. 7.16. Válvula de seguridad. (Fuente: Salvador Escoda)



Intercambiadores de calor

Un intercambiador de calor es un sistema encargado de transferir la energía térmica entre fluidos que se mantienen separados entre sí. En las instalaciones solares térmicas es el componente que transfiere el calor del fluido caloportador del circuito primario al agua del circuito secundario que comunica con el acumulador de inercia.



Sección transversal de un intercambiador de placas totalmente soldadas

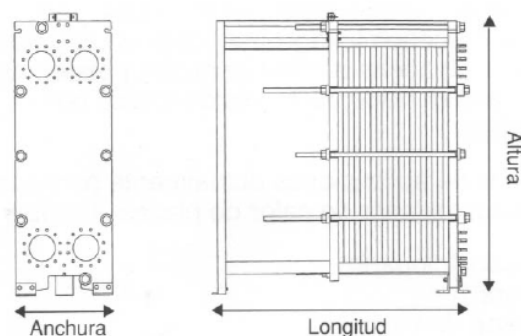


FIG. 7. 17. Intercambiador de calor. (Fuente: Apuntes Ingeniería Térmica)



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Para el caso que nos ocupa, elegimos un intercambiador de calor que suministra el fabricante ALFA LAVAL, con las siguientes características:

a (m ²)	0,032
b (m)	0,0024
L (m)	0,246
W (m)	0,13
e (m)	0,0005
K (W/mK)	15

TABLA 7.3. Características del intercambiador ALFA LAVAL

Siendo,

a = área de intercambio por placa

b = distancia entre placas

L = altura de la placa

W = ancho de la placa

e = espesor de la placa

K = coeficiente de conductividad térmica para el acero

Para el cálculo de la potencia necesaria en el intercambiador de calor necesitamos los datos calculados anteriormente para hallar la fracción solar.

	T _{ci} (K)	T _{co} (K)	T _{cons} (K)	T _{ici} (K)	T _{ico} (K)	T _t (K)
ANUAL	314,672	318,143	314,07	313,184	316,456	313,275

TABLA 7. 4. Temperaturas medias anuales

Las características de los fluidos que circulan por el circuito primario y secundario se muestran en la tabla siguiente:

	Primario	Secundario
μ (Kg/ms)	2,56 · 10 ⁻³	2,15 · 10 ⁻³
ρ (Kg/m ³)	1022	1025
u (m ² /s)	2,5 · 10 ⁻⁶	2,1 · 10 ⁻⁶
C _p (J/gK)	3,8	3,7
K (W/m°C)	0,42	0,41
Pr	26,16	19,42

TABLA 7. 5. Características de los fluidos



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

El CTE establece que la potencia mínima del intercambiador de calor debe cumplir la siguiente relación:

$$Q_{min} \geq 500 \cdot A$$

Siendo,

Q_{min} = Potencia mínima del intercambiador de calor (W)

A = Área de los captadores (m^2)

Por tanto la potencia mínima requerida en nuestro intercambiador para una instalación de 13 colectores solares será:

$$Q_{min} \geq 500 \cdot A = 500 \cdot 29,9 = 14950W$$

Comenzamos con el dimensionado del intercambiador a partir de esta potencia mínima requerida para la instalación.

A continuación se procede al cálculo de la temperatura media logarítmica:

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{co} - T_{ico}) - (T_{ci} - T_{ici})}{\ln \frac{T_{co} - T_{ici}}{T_{ci} - T_{ico}}} = 1,59K$$

Para conocer la velocidad de circulación del fluido en el interior de los canales del intercambiador, debemos calcular primeramente el área efectiva de los canales y el caudal que circula por los mismos.

$$A_{canal} = b \cdot W = 3,12 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$m_{canal} = \frac{m}{\frac{N-1}{2}} = 0,0117 Kg / s$$

Para el cálculo de la velocidad en cada canal tenemos que darnos cuenta que la temperatura del fluido caliente de entrada al intercambiador, y la temperatura del fluido frío son diferentes, y por tanto los líquidos tendrán diferentes propiedades.

$$V_{canal1} = \frac{m_{canal}}{\rho_1 \cdot A_{canal}} = 0,03m / s$$

$$V_{canal2} = \frac{m_{canal}}{\rho_2 \cdot A_{canal}} = 0,03m / s$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

El cálculo del número de Reynolds de cada fluido depende también de la longitud característica:

$$l_c = 2 \cdot b = 0,0048m$$

$$Re_1 = \frac{V_{canal1} \cdot l_c \cdot \rho_1}{\mu_1} = 4503,19$$

$$Re_2 = \frac{V_{canal2} \cdot l_c \cdot \rho_2}{\mu_2} = 5377,67$$

Por tanto, el número de Nusselt en cada fluido será:

$$Nu_1 = 0,4 \cdot Re_1^{0,64} \cdot Pr_1^{0,4} = 321,64$$

$$Nu_2 = 0,4 \cdot Re_2^{0,64} \cdot Pr_2^{0,4} = 319,84$$

Con estos datos ya calculados, podemos obtener los coeficientes de convección de la siguiente manera:

$$h_1 = \frac{Nu_1 \cdot K_1}{l_c} = 28143,5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$h_2 = \frac{Nu_2 \cdot K_2}{l_c} = 27319,67 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Para obtener el coeficiente global de transferencia de calor aplicamos la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{e}{K_{acero}} \Rightarrow U = 9481,44 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$Q_{\min} = U \cdot A \cdot \Delta T_{lm} \Rightarrow A = \frac{Q_{\min}}{U \cdot \Delta T_{lm}} = 0,992m^2$$

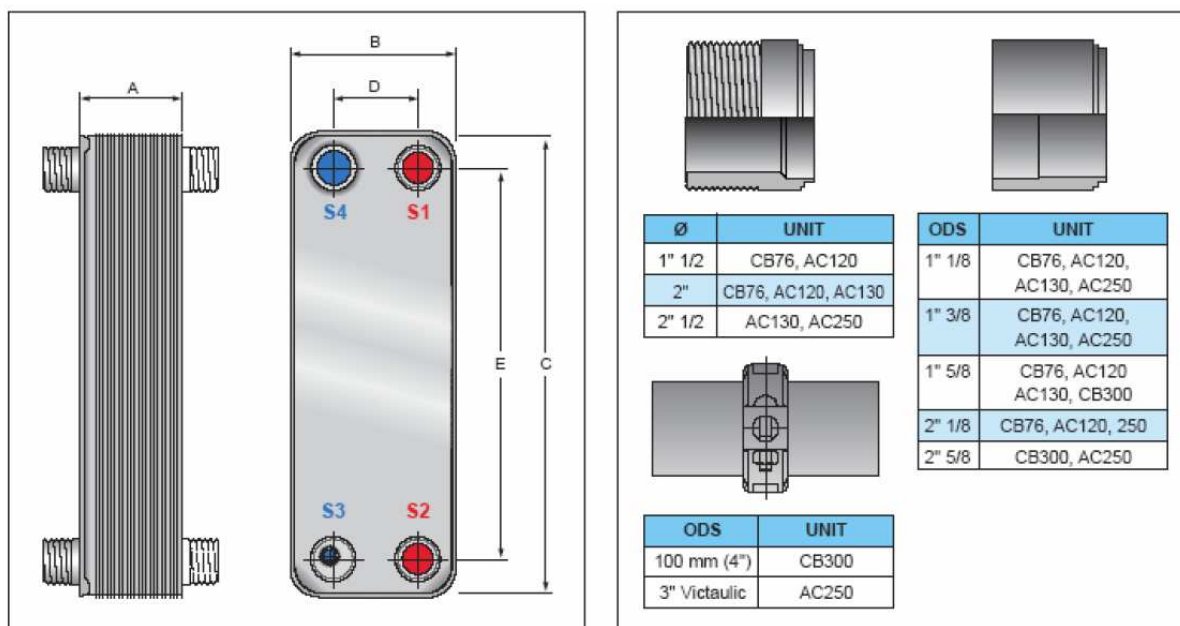
Y como sabemos que $A = N \cdot a$, podemos conocer el número de placas del intercambiador de calor despejando la fórmula anterior:

$$N = \frac{A}{a} = 30,99 \approx 31 \text{ placas}$$

Por tanto, el intercambiador seleccionado es un ALFA LAVAL modelo AC120EQ de acero inoxidable como se muestra en la siguiente figura:



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA



	AC120 EQ	AC130	AC250 EQ/DQ	CB300	CB300X
DP [bar]	30	34	32	26	26
DT [°C]	150	150	150	225	150
A [mm]	11 + 2,4xNP	7,6 + 2,2xNP	13,5 + 2,9xNP	16 + 2,62xNP	16 + 2,62xNP
B [mm]	192	247	322	365	365
C [mm]	617	487	739	990	990
D [mm]	92	157/164	211/323	214	214
E [mm]	519	391/397	599/628	861/816	861/816
Qm [kW]	200	200	450	500	500
NPm	200	200	250	200	200
PT	–	–	–	L, M, H	L, M, H
[Kg]	7,6 + 0,44xNP	6,5 + 0,38xNP	13 + 0,8xNP	57 + 1,26xNP	57 + 1,26xNP

TABLA 7.6. Características del intercambiador de calor. (Fuente: Alfa Laval)



Pérdidas de carga en el intercambiador de calor:

En un intercambiador de calor de placas, la pérdida de carga viene definida por la expresión:

$$\Delta P = 4 \cdot f \cdot \frac{L}{l_c} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

Siendo f , el factor de fricción que obtenemos de la siguiente relación:

$$f = C \cdot \text{Re}^M$$

Los valores C y M son constantes y dependen del número de Reynolds:

Re	C	M
Re<10	17	-1
10<Re<101	6,29	-0,57
101<Re<855	1,141	-0,2
Re>855	0,581	-0,1

TABLA 7. 7. Cálculo de constantes. (Fuente: Apuntes Ingeniería térmica)

Como el $\text{Re} > 885$ tenemos:

$$f = 0,581 \cdot \text{Re}^{-0,1} = 0,25$$

Luego la pérdida de carga en el intercambiador de calor será:

$$\Delta P_{IC} = 4 \cdot f \cdot \frac{L}{l_c} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} = 3,62 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$



Control de la instalación:

El sistema de control es el encargado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro lado, de actuar como protección frente a la acción de múltiples factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelación, etc. Estos sistemas suelen estar compuestos por:

- *Termostatos*: Reguladores todo-nada destinados a mantener una temperatura o diferencia de temperaturas constante. Reciben información de uno o dos sensores de temperatura y activan o desactivan un relé, contactor, etc.
- *Reguladores* proporcionales: Aplican al elemento regulado una potencia linealmente proporcional al valor del parámetro sometido a control.
- *Sensores*:
 - Fotodetectores: dan señal eléctrica cuando reciben una radiación luminosa superior a un cierto valor umbral.
 - Termopares: pequeña f.e.m. proporcional a la temperatura. Poco usados.
 - Termoresistencias: resistencia variable con la temperatura. Muy usadas.

En general, para realizar una correcta regulación diferencial habrá que realizar una lectura entre la zona más caliente del circuito primario y la zona más fría del acumulador. La parte más caliente del circuito primario es la parte superior de los colectores y la zona más fría la zona inferior del acumulador, zona donde deben situarse los sensores de temperatura, ya que la diferencia de temperaturas necesaria para transferir energía se establecerá primeramente entre estos dos puntos.

Una instalación solar térmica nunca funcionará correctamente sin un sistema de control adecuado. El sistema de control de una instalación asume la función de regular los flujos de energía entre los captadores, el acumulador y el consumo. El proceso tiene dos fases:

- El control del proceso de carga, que tiene la misión de regular la conversión de radiación solar en calor y de transferirla al acumulador de manera eficaz.
- El control del proceso de descarga, para garantizar la mejor transferencia de energía posible del acumulador hacia el consumo.

En cualquier caso, se trata de favorecer el consumo prioritario de la energía solar frente a la auxiliar y no al revés.



IV. SUBSISTEMA DE APOYO

Para prevenir las posibles faltas derivadas de la insuficiente insolación, en determinadas horas o días, las instalaciones de energía solar térmica cuentan con un sistema de apoyo basado en energías convencionales, eléctricas, caldera de gas o gasóleo.

Adicionalmente se dispone de estos equipos de energía convencional auxiliar que se utiliza para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.

El circuito de apoyo será el responsable de calentar el agua proveniente del sistema auxiliar hasta 60°C cuando no llegue a esta temperatura.

El agua llega del circuito auxiliar. Si llega a menos de 60°C, entonces pasa a través de la caldera y después entra en el acumulador de ACS. Si el agua ya llega a la temperatura de 60°C, toma un camino alternativo sin pasar por la caldera y entra directamente en el depósito de ACS. En el caso que nos ocupa, instalaremos una caldera de gas natural como energía de apoyo para aquellos periodos en los que la energía solar suministrada sea insuficiente.

Consumo máximo diario:

El consumo de agua en un día no es uniforme, por tanto habrá que realizar un estudio para ver las horas diarias en las que se produce la punta de consumo. Esta punta en la que se produce el consumo máximo diario en una vivienda se da entre las 17 y las 20 horas, en las que se utiliza el 75% del consumo total de un día.

En la siguiente gráfica que representa la variación del caudal instantáneo en un día laboral podemos ver representado este hecho con mayor claridad.

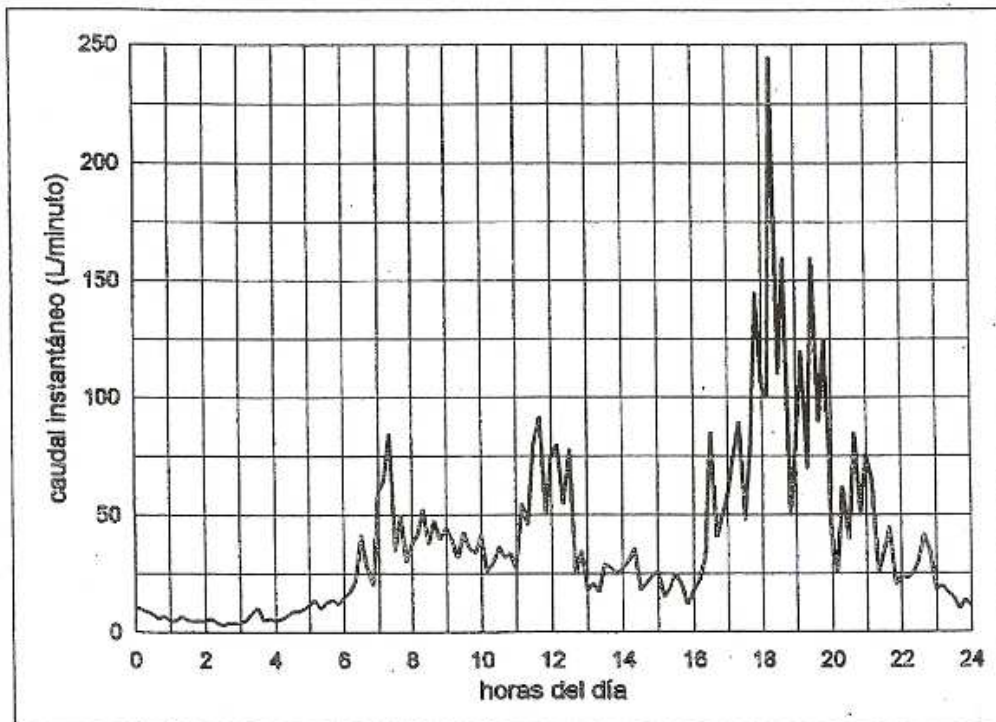


FIG. 7.18. Caudal instantáneo de agua para las diferentes horas del día. (Fuente: DTIE)

Realizando los cálculos para el mes de Enero, ya que es junto al mes de Diciembre, en el que se produce mayor salto térmico entre el agua de la red y el de ACS y donde se produce un mayor consumo diario.

El consumo máximo diario o consumo de punta de una de nuestras viviendas será:

$$Q_p = 0,75 \cdot Q_d = 0,75 \cdot 1872 = 1404 \text{ litros}$$

Período de punta

Se denomina período de punta al período en el cual la demanda de agua caliente es máxima. Existen diferentes ecuaciones para el cálculo de este período en función del número de viviendas, pero la de mayor fiabilidad es:

$$T = 5 \cdot \frac{N^{0,905}}{15 + N^{0,920}}$$

Siendo N el número de viviendas, en nuestro caso 18.

Por tanto,

$$T = 2,34 \text{ horas}$$



Caudal máximo horario

El caudal máximo horario medio en la hora de máximo consumo vendrá definido por:

$$C_{\max} = \frac{Q_p \cdot \varphi}{3600}$$

Y el factor de simultaneidad (φ):

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{N-1}} + 0,17 = 0,413$$

Con el factor de simultaneidad calculado, podemos hacer el cálculo del caudal máximo horario de la siguiente manera:

$$C_{\max} = \frac{Q_p \cdot \varphi}{3600} = 0,161 \frac{l}{s}$$

Volumen de acumulación:

Los depósitos de acumulación deben ser diseñados de manera que se favorezca la estratificación, con el fin de suministrar agua caliente a una temperatura constante.

Para definir el volumen útil de acumulación, debemos definir primero:

- Factor de forma, f_f , que representa la relación entre el diámetro y la altura del depósito acumulador. Siendo $H=2.420$ m y $D=1.2$ m:

$$f_f = \frac{H}{D} = 2,02$$

- Factor de mezcla, f_m , que representa la relación entre el volumen útil del depósito y el volumen efectivo:

$$f_m = 0,63 + 0,14 \cdot f_f = 0,913$$

- Tiempo de preparación, t_p , es el tiempo necesario para calentar el agua en el período de punta. Lo calculamos para $t_p = 2 \text{ horas}$.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

El volumen de acumulación útil viene definido por:

$$V_u = \frac{C_{máx}}{\frac{1}{T} + \frac{1}{t_p \cdot f_m}} = 594,46 \text{ litros}$$

Por tanto, el volumen total de acumulación necesario será:

$$V_T = \frac{V_u}{f_m} = 651,1 \text{ litros}$$

Así pues, este debe ser el volumen de acumulación mínimo que debe tener el depósito de acumulación de ACS. Por tanto, elijo un acumulador IBERSOLAR de 800 litros de capacidad, cuyas características se muestran a continuación:



REFERENCIA		01040240/101080	01040240/101081	01040240/101082
Volumen	litros	300	500	800
Temperatura máxima de operación	°C	95	95	95
Presión máxima de operación	bar	8	8	8
Presión máxima de operación intercambiador	bar	12	12	12
Diámetro exterior con aislamiento	mm	650	750	960
Altura total	mm	1485	1760	1810
Espesor aislante	mm	50	50	70
Peso	kg	93	131	186
Superficie intercambiadores primario/apoyo	m²	1,5 / 1	2,1 / 1,2	2,7 / 1,5

TABLA 7.8. Características del acumulador solar. (Fuente: Ibersolar)



Y cuyas dimensiones son las siguientes:

DIMENSIONES (mm)	300 l	500 l	800 l
Φ	550	650	790
H	1485	1760	1810
Φ Ext	650	750	960
A	240	250	200
B	355	365	310
C	485	495	440
D	805	960	905
E	915	1130	1075
F	1005	1245	1190
G	1095	1355	1280
L	1225	1485	1430
M	410	420	360
N	860	1045	990
O	1050	1310	1280
R	1520	1800	1870
T	1255	1515	1460
Φ BH	180	180	480
a	1 ¼"	1 ¼"	1 ¼"
b,e	½"	½"	½"
ce1, ce2, cs1, cs2, r	1"	1"	1"
i	1 ¼"	1 ¼"	1 ½"
u	1 ½"	2"	2"
w	1 ½"	1 ½"	1 ½"
Serp. Inferior m²	1,5	2,1	2,7
Serp. Inferior m²	1	1,2	1,5

TABLA 7.9. Características del acumulador ibersolar. (Fuente: Ibersolar)

Pérdidas de energía en el sistema de acumulación:

Las pérdidas de energía en el sistema de acumulación vienen determinadas por los siguientes factores:

- *Pérdidas de disponibilidad:*

Las pérdidas de disponibilidad dependen del nivel de aislamiento térmico y de la diferencia de temperatura entre el agua y el ambiente.

$$P_d = \frac{0,55 \cdot V_T}{1000} = 0,44 \text{ kW}$$

- *Pérdidas de red:*

Las pérdidas de red dependen de la longitud y del aislamiento de esta. Así pues, estas pérdidas se calculan de la siguiente manera:

$$P_r = 0,3 \cdot P$$

Es decir, las pérdidas son iguales al 30 % de la potencia requerida para la preparación del agua. Todavía no podemos calcular las pérdidas de red ya que no tenemos la potencia total de la caldera.



Potencia útil

La potencia útil de la caldera necesaria para la instalación se obtendrá de la siguiente expresión:

$$P_u = \frac{4,19 \cdot \Delta T \cdot C_{\max} \cdot T}{T + t_p} = 18,91kW$$

Potencia total de la caldera:

La potencia total de la caldera se define de la siguiente manera:

$$P = P_u + P_d + P_r$$

Con esta ecuación y la anteriormente comentada,

$$P_r = 0,3 \cdot P$$

Podemos despejar la potencia total de la caldera y las pérdidas por distribución en las mismas:

$$P_r = 8,29kW$$

$$P = 27,65kW$$

NOTA: Se recuerda que los cálculos son realizados para el mes de Enero, que tiene las condiciones más desfavorables.

Con estas necesidades seleccionamos una caldera VIESSMANN MODELO VITOROND 111 RO2D087 con las siguientes características:



- potencia térmica de 36 Kw
- Longitud: 1350 mm
- Anchura: 665mm
- Altura: 1590mm
- Peso: 332 kg con aislamiento térmico y quemador.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Por tanto, una vez instalados todos los elementos necesarios para la producción de agua caliente sanitaria para las viviendas, el esquema de la instalación quedaría más o menos como se muestra en la siguiente gráfica.

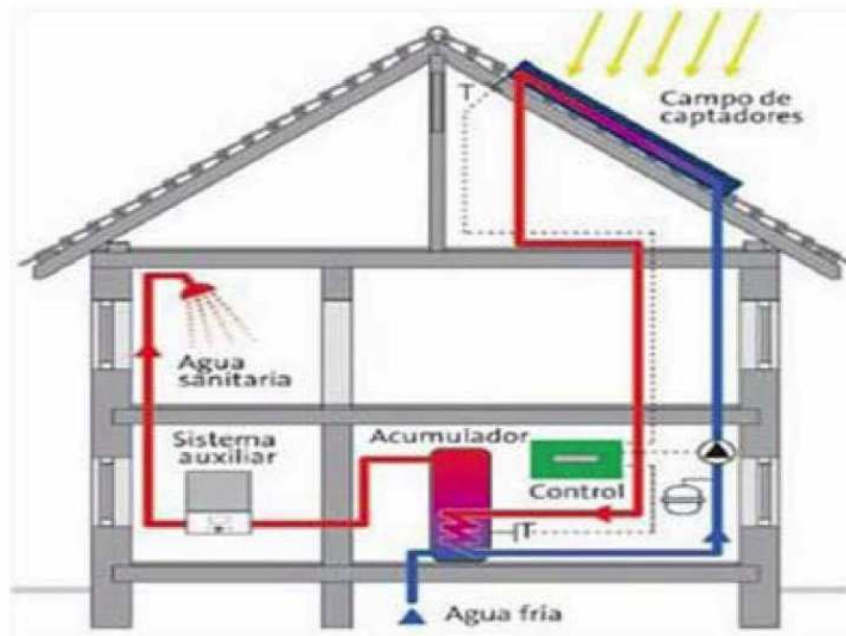
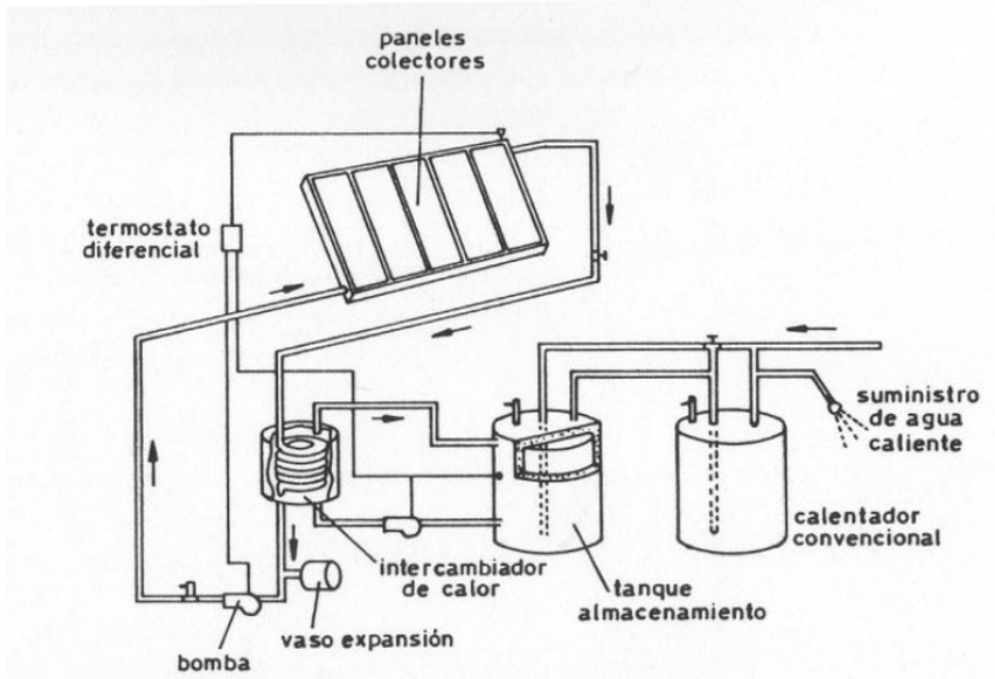


FIG. 7.19. Instalación solar en una vivienda. (Fuente: www.abalnet.com)



7.2 MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Sin perjuicio de aquellas operaciones de mantenimiento derivadas de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias para el funcionamiento de la instalación, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

- Plan de vigilancia
- Plan de mantenimiento preventivo

Plan de vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en horas centrales del día
	Juntas	3	IV agrietamientos y deformaciones
	Absorbedor	3	IV corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas
	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV ausencia de humedad y fugas
	Purgador manual	3	Vaciar aire del botellín
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos en parte inferior de depósito

TABLA 7.10. Plan de vigilancia en elementos de la instalación. (Fuente: Proyecto y cálculo de instalaciones térmicas)

IV: Inspección visual



Plan de mantenimiento:

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de los límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de inspección y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione adecuadamente durante su vida útil. A continuación se detallan las operaciones necesarias para el mantenimiento de la instalación solar térmica que estamos tratando:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre el original IV diferencias entre captadores
Cristales	6	IV condensación y suciedad
Juntas	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos

TABLA 7.11. Plan de mantenimiento en elementos de la instalación.)Fuente: Proyecto y cálculo de instalaciones térmicas)

IV: Inspección visual

Para el sistema de captación:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósitos	12	Presencia de lodos en fondo
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

TABLA 7.12. Plan de mantenimiento en elementos de la instalación. (Fuente: Proyecto y cálculo de instalaciones térmicas)

Para el sistema de acumulación:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

TABLA 7. 13. Plan de mantenimiento en elementos de la instalación. (Fuente: Proyecto y cálculo de instalaciones térmicas)



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

CF: Control de funcionamiento

Para el sistema de intercambio:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación, protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión	6	Comprobación de la presión
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de seguridad	12	CF actuación

TABLA 7.14. Plan de mantenimiento en elementos de la instalación. (Fuente: Proyecto y cálculo de instalaciones térmicas)

IV: Inspección visual; CF: Control de funcionamiento

Para el sistema hidráulico:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación

TABLA 7.15. Plan de mantenimiento en elementos de la instalación. (Fuente: Proyecto y cálculo de instalaciones térmicas)

CF: Control de funcionamiento

Para el sistema eléctrico y de control:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

TABLA 7.16. Plan de mantenimiento en elementos de la instalación. (Fuente: Proyecto y cálculo de instalaciones térmicas)

CF: Control de funcionamiento



CAPÍTULO 8

ESTUDIO AMBIENTAL



8.1 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO

Todo proyecto relativo a la instalación de colectores solares para aportar agua caliente sanitaria a viviendas aprovechando la energía procedente del sol lleva consigo un análisis del impacto ambiental que esto supone, ya que al utilizar energías auxiliares o de apoyo en los momentos en los que la energía solar no es capaz de abastecer todo el consumo necesitado, se producen emisiones de CO₂ a la atmósfera debido a la combustión de los mismos.

La energía solar térmica de baja temperatura es una de las tecnologías más respetuosas con el medio ambiente. El presente proyecto muestra constancia de ello en las siguientes afirmaciones:

- El uso de gas natural como fuente de energía auxiliar conlleva una reducción de cuatro veces las emisiones de gases de efecto invernadero imputables a otras fuentes de energía de tipo eléctrico.
- La combustión de gas natural produce un volumen de emisiones sensiblemente inferior a la combustión de gasóleos, gas butano o propano también empleados en este tipo de instalaciones.
- La energía se genera en los puntos de consumo, lo que se traduce en que no es necesario el transporte de la misma ni la creación de infraestructuras para este medio.

El gas natural es una fuente de energía no renovable formada por una mezcla de gases que se encuentra frecuentemente en yacimientos fósiles, disuelto o asociado con petróleo o en depósitos de carbón. Aunque su composición varía en función del yacimiento del que se extrae, está compuesto principalmente por metano en cantidades que comúnmente pueden superar el 90 ó 95% y suele contener otros gases como nitrógeno, etano, CO₂, H₂S, butano, propano, mercaptanos y trazas de hidrocarburos más pesados.

El gas natural debe ser licuado para favorecer su transporte mediante gaseoductos. Posteriormente se tiene que volver a pasar a estado gaseoso y debe ser procesado para su uso comercial o doméstico. Algunos de los gases que forman parte del gas natural extraído se separan de la mezcla porque no tienen capacidad energética (nitrógeno o CO₂) o porque pueden depositarse en las tuberías usadas para su distribución debido a su alto punto de ebullición.

El problema que se plantea en la actualidad en todos los países, y especialmente en España, es el de la reducción de los gases que provocan efecto invernadero, ya que sus consecuencias son especialmente duras con el medio ambiente, ya que provocan un calentamiento global de la tierra, extinción de especies, deshielo, y por consiguiente, un aumento del nivel del mar que puede provocar la desaparición de algunas ciudades costeras en el futuro.

Para radicar todo esto, en Diciembre de 1997, se establece el denominado protocolo de Kioto, por el que los países se comprometen a reducir sus emisiones contaminantes a la atmósfera. España en la actualidad se encuentra con un grave problema debido a que su tendencia de emisiones está muy alejada de lo pactado en Kioto y tiene una gran necesidad de apostar por las energías renovables.



Emisiones históricas y senda de cumplimiento

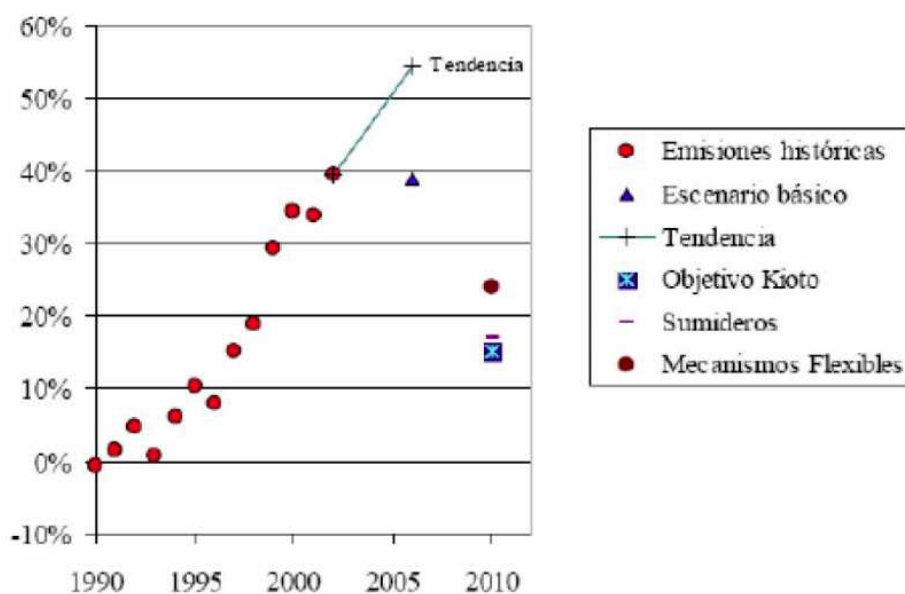


FIG.8.1. Emisiones históricas. (Fuente: IMF)

Como se observa, la tendencia de emisiones tiende a subir a un ritmo considerable, y lo acordado en Kioto está muy alejado de esta tendencia.

Para resolver este problema, se prevé un crecimiento considerable de la utilización de las energías renovables, y como prueba de ello vemos en la siguiente gráfica los objetivos establecidos en cuanto a m² de paneles solares térmicos se refiere para el año 2010.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

SOLAR TERMICA. OBJETIVOS 2010

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SITUACIÓN ACTUAL 2004 (m ²)	INCREMENTO 2005 - 2010 (m ²)	SUPERFICIE EN 2010 (m ²)
ANDALUCÍA	213.239	910.398	1.123.637
ARAGÓN	6.686	85.892	92.578
ASTURIAS	9.022	41.810	50.832
BALEARES	78.362	358.474	436.836
CANARIAS	95.731	382.954	478.685
CANTABRIA	1.501	20.856	22.357
CASTILLA Y LEÓN	34.646	257.227	291.873
CASTILLA - LA MANCHA	7.845	294.666	302.511
CATALUÑA	82.358	489.523	571.881
EXTREMADURA	3.310	168.181	171.491
GALICIA	8.911	52.900	61.811
MADRID	56.204	380.123	436.327
MURCIA	19.321	143.903	163.224
NAVARRA	12.473	77.405	89.878
LA RIOJA	204	20.856	21.060
COMUNIDAD VALENCIANA	58.199	389.260	447.459
PAÍS VASCO	4.849	125.572	130.421
TOTAL (m²)	700.433	4.200.000	4.900.433

FIG.8.2. Objetivos de la Energía Solar Térmica. (Fuente: IMF)

Observamos que la Comunidad Valenciana experimentará un incremento de 447459 m² instalados en referencia al dato de 2004.

El plan establecido sobre el consumo de las energías renovables para el año 2011, fecha límite para el cumplimiento del protocolo de Kioto, es bastante satisfactorio, ya que se produciría un crecimiento aproximado del 15% sobre el consumo actual y se reducirían otras fuentes de emisiones de gases efecto invernadero como son el carbón o el petróleo.

	Carbón	Nuclear	Gas Natural	Productos Petrolíferos	Energías Renovables
2000	35,9%	27,6%	9,7%	9,9%	16,9%
2005	28%	19,7%	25%	8,9%	17,4%
2007	21,2%	19,7%	27,6%	7,2%	24,3%
2011	15%	17,3%	33,3%	3,5%	30,9%

FIG.8. 3. Desarrollo de las Energías Renovables. (Fuente: IMF)

Se espera que la demanda eléctrica en 2011 se de hasta un 48,7% superior a la existente en el año 2000.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

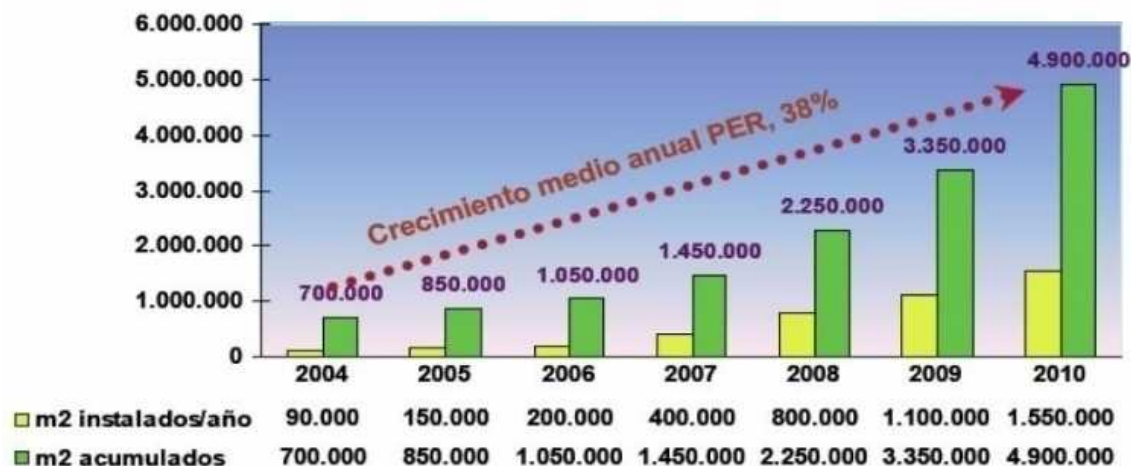


FIG.8.4. Crecimiento del Plan de Energías Renovables. (Fuente: IMF)

Por tanto, y realizando un estudio más práctico sobre el campo práctico, que es el de la instalación de las placas solares en nuestras viviendas, debemos preocuparnos por varios motivos fundamentalmente:

8.2 LEGIONELA:

La Legionela es un género de bacterias del que se han identificado hasta la fecha 40 especies, entre las que cabe destacar a la *Legionella pneumophila*, por ser la causante del 85 % aproximadamente de las infecciones por legionela.

Esta bacteria se halla ampliamente extendida en ambientes acuáticos naturales (ríos, lagos, aguas termales, etc.), encontrándose en ellos en pequeñas concentraciones, pudiendo sobrevivir en condiciones ambientales muy diversas. Para que su concentración aumente, entrañando riesgo para las personas, debe pasar a colonizar, fundamentalmente a través de las redes de distribución de agua potable, sistemas hídricos construidos por el hombre, como torres de refrigeración y sistemas de distribución de agua sanitaria, donde encuentra condiciones de temperatura idóneas para su multiplicación (25 -45 °C), protección física y nutrientes apropiados.

A partir de estas instalaciones la legionela puede infectar a las personas si el agua es pulverizada en forma de aerosoles, de manera que la bacteria pueda ser transportada por el aire en pequeñas gotas e inhalada por las personas. Es decir, la vía de transmisión de la legionela es aérea y no se ha demostrado que exista riesgo alguno de enfermar al beber agua contaminada por legionela.

En algunas ocasiones en instalaciones mal diseñadas, sin mantenimiento, o con un mantenimiento inadecuado, se favorece el estancamiento del agua y la acumulación de productos nutrientes de la bacteria, como lodos, bacteria orgánica, materias de corrosión, etc...

El Real Decreto 909/2001 se aprobó para establecer los criterios higiénicos y sanitarios para la prevención y el control de la legionela. En esta norma, se establecieron los siguientes criterios fundamentales:



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

- Mantener la temperatura del agua en el circuito lo más baja posible con el fin de que las bacterias estén lo más alejadas del agua caliente.
- Asegurar en el agua almacenada en acumuladores una temperatura homogénea de las mismas y evitar el enfriamiento de zonas interiores que propicien la formación y proliferación de la bacteria.
- Disponer de un sistema de válvulas de retención (UNE-EN 1717) que evite retornos de agua por pérdidas de presión o disminución del caudal suministrado.
- Mantener la temperatura del agua en el circuito de agua caliente por encima de los 50 °C.

Para el Mantenimiento de las instalaciones se hará la revisión y limpieza de los depósitos acumuladores cada tres meses, mientras que la purga de válvulas de drenaje de las tuberías se hará mensualmente. Semanalmente se procederá a la purga de los fondos de los acumuladores y se abrirán grifos y duchas de instalaciones no utilizadas. El control de la temperatura es un proceso que se lleva a cabo diariamente.

Otros de los temas de preocupación, es el de los gases efecto invernadero emitidos a la atmósfera.

8.3 EFECTO INVERNADERO:

El cambio climático está más que justificado sobrada y científicamente. La temperatura media de la superficie terrestre ha ido aumentando progresivamente. De hecho, los años más cálidos desde que se tienen datos son 1998, 2002, 2003, 2004, 2005 y 2006.

Se prevé que la temperatura del planeta aumente entre 1 y 6°C para el año 2100. Algunos países de Europa están viviendo en la actualidad lluvias e inundaciones sin precedentes. Al mismo tiempo y de forma contradictoria la desertización avanza por el sur. Esto por no hablar de nuestra flora y fauna silvestre. La mitad de las especies mamíferos autóctonos y un tercio de las de reptiles, aves y peces está en peligro en Europa.

A pesar de la reducción de algunas emisiones, la calidad del aire que respiramos sigue siendo motivo de preocupación. En el verano de 2001, dos de cada tres días, se sobrepasaron los límites de seguridad en los niveles de contaminación atmosférica en al menos un punto de Europa.

Está claro, que los recursos naturales, como el agua dulce, el suelo y los minerales no tienen repuestos y estamos agotando existencias.

De no actuar ahora, el coste será equivalente a perder un 5% del PIB global en un año. En la siguiente gráfica se muestra la evolución de la temperatura.

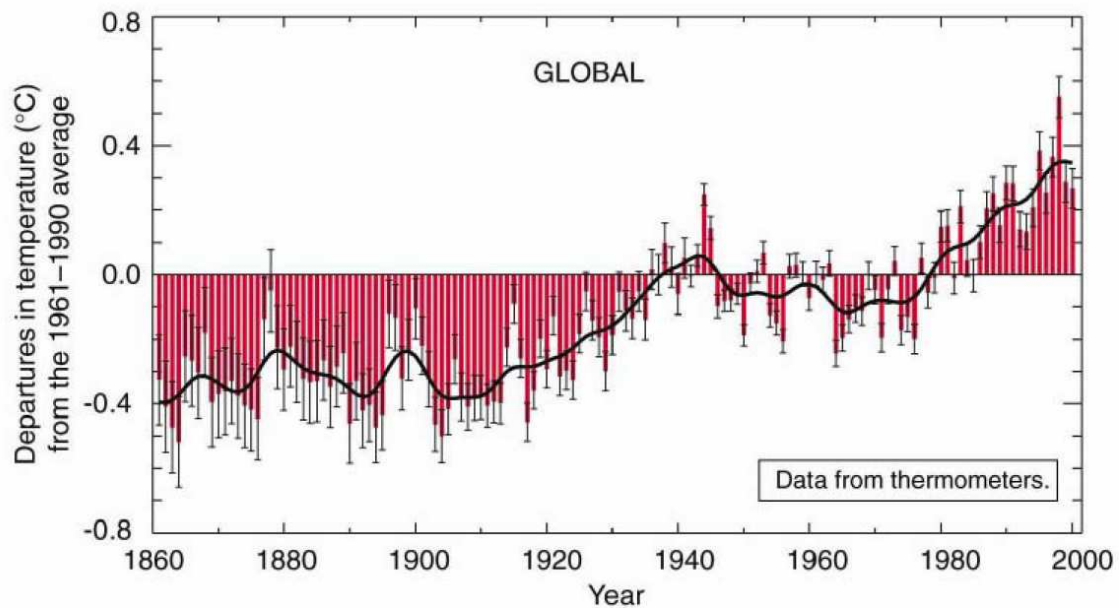


FIG.8.5. Crecimiento de la temperatura. (Fuente: IMF)

La superficie nevada del planeta se ha reducido en un 10% desde finales de los sesenta, y esto empieza a ser un problema bastante preocupante. Basta con comparar de dos fotografías no muy lejanas en el tiempo para darnos cuenta del grave problema climático que está sufriendo el planeta.



El famoso efecto invernadero es un fenómeno por el que determinados gases componentes de la atmósfera retienen parte de la energía que emite el suelo por haber sido calentado por radiación solar. Este fenómeno evita que la energía del Sol recibida constantemente por la Tierra vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero. Las concentraciones de los gases que lo provocan, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O_4) principalmente, han aumentado de forma muy importante. En España la evolución ha sido la siguiente:

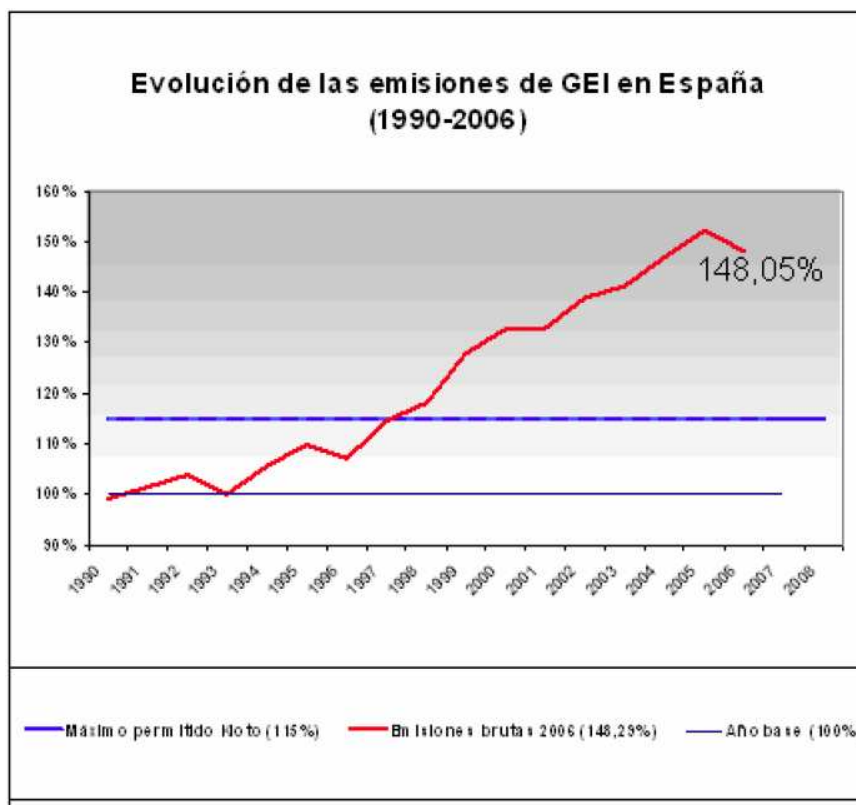


FIG.8.6. Evolución de la emisión de gases contaminantes. (Fuente: IMF)

El **CO_2** , es el responsable de más de un 60% del efecto invernadero. Este gas se da de forma natural en la atmósfera, pero la combustión de los combustibles fósiles como el petróleo, gas natural y carbón aumenta considerablemente la emisión de este gas junto con fenómenos como la deforestación y la destrucción de los suelos.

Si antes de la industrialización, los niveles de dióxido de carbono variaron en apenas un 10% durante 10.000 años, durante algo más de los 200 años que siguieron a 1800, los niveles se han elevado en un 30%. En 2006, representaron en España, el 83,1% de las emisiones brutas de GEI (gases de efecto invernadero), sin incluir los sumideros.

El **CH_4** , es emitido por la actividad ganadera, por los escapes de gasolina y por la actividad minera entre otros. El metano ya creció en un factor de dos y medio durante la era industrial. Las nuevas fuentes de este gas son la agricultura (los arrozales fundamentalmente) y el crecimiento de la cría de ganado.

También influyen las emisiones de los desechos y las fugas de la extracción del carbón y el gas natural. El problema es que para poder eliminar el metano de la atmósfera, se requieren reacciones químicas muy difíciles de modelizar.

El óxido nitroso **N_2O** , es emitido por los combustibles fósiles, por la actividad agrícola y por la deforestación. Sus niveles han aumentado en un 16% debido en gran parte a una agricultura más intensiva. El metano representó en 2006 el 8,7% de la emisión bruta de los gases de efecto invernadero sin incluir los sumideros.

Gases industriales fluorados: los hidrofluorcarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y los Hexafluorocarbonos (SF_6) son los tres tipos de gases fluorados que existen y son emitidos por los aerosoles de espuma y por la actividad agrícola fundamentalmente.

Ozono y otros, emitidos por el uso fotoquímico (ó emisión de sustancias que reaccionan con la radiación solar) y automóviles. Los niveles de ozono se están elevando en algunas



regiones en la capa inferior de la atmósfera debido a la contaminación del aire.

El cambio climático afectaría en muchos aspectos:

- Temperatura: las emisiones de las que hemos hablado con anterioridad ya han aumentado la temperatura global entre 0,6 y 0,8 °C. Además, si no se toman medidas con urgencia, con un 75% de probabilidad, las temperaturas aumentarán en más de 3°C en los siguientes 50 años.
- Impactos ambientales: el deshielo de los glaciares aumentará el riesgo de inundaciones y sequías. Además la consecuente subida de del nivel del mar podría provocar el desplazamiento obligado de hasta 200 millones de personas. La producción agrícola bajará y de forma especial en África. Hasta un 40% de las especies podrían extinguirse.
- Impactos económicos: los fenómenos meteorológicos extremos pueden reducir el PNB incluso en un 1% anual. El incremento de la temperatura en 2 ó 3 °C podría reducir la economía mundial en un 3%.

Todo esto supone un problema gravísimo para el medioambiente, y poco a poco se va tomando conciencia de ello. La prueba es que en 1997 se aprueba el protocolo de Kioto por el que gran parte de los países industrializados del mundo se comprometen a reducir sus emisiones contaminantes a la atmósfera.

8.4 GENERACIÓN DE CO₂

La combustión del gas natural, al ser un combustible fósil, produce un aporte neto de CO₂ a la atmósfera. Esto le diferencia de otros combustibles más sostenibles como la biomasa, donde la tasa de carbono orgánico producido por unidad de carbono inorgánico emitido durante su combustión es casi igual a uno. Sin embargo, el gas natural produce mucho menos CO₂ que otros combustibles como los derivados del petróleo, y sobre todo el carbón. Además es un combustible que se quema más limpia y eficazmente.

La razón por la cual produce poco CO₂ es que el principal componente, metano, contiene cuatro átomos de hidrógeno y uno de carbono.

Como ventaja añadida es un combustible más versátil, que puede utilizar en sistemas de generación más eficientes como el ciclo combinado o la pila de combustible y su obtención es más sencilla en comparación con otros combustibles. Sin embargo, su contenido energético por unidad de volumen es bajo en comparación con otros combustibles.

Se encuentra concentrado en las mismas bolsas y huecos subterráneos que el petróleo por lo que tarda también mucho tiempo en producirse.



8.5 EMISIONES DE CO₂ AHORRADAS

A continuación se muestra una tabla en la que vemos el aporte de gas natural que es necesario suministrar en cada mes del año, y por tanto, las emisiones de CO₂ que este produce a la atmósfera:

	D _{ACS} [GJ]	APORTE SOLAR [GJ]	GAS NATURAL NECESARIO [GJ]
ENERO	12,635	4,043	8,592
FEBRERO	11,193	4,746	6,447
MARZO	11,906	7,072	4,834
ABRIL	11,052	6,565	4,487
MAYO	11,177	8,461	2,716
JUNIO	10,581	8,761	1,820
JULIO	10,691	10,574	0,118
AGOSTO	10,934	10,978	0
SEPTIEMBRE	10,817	8,188	2,628
OCTUBRE	11,420	6,749	4,671
NOVIEMBRE	11,522	4,298	7,224
DICIEMBRE	12,635	3,260	9,375
ANUAL	136,563	83,694	52,868

TABLA 8. 1. Cálculo del gas natural necesario en nuestra instalación

Haciendo un pequeño cálculo, podemos observar que esos 83,694 GJ que el Sol aporta a nuestra instalación en forma de energía, se traducen en aproximadamente 2,01 Toneladas de petróleo ahorradas anualmente ($1\text{GJ} \approx 0,024\text{tep}$). Es decir, las emisiones de CO₂ ahorradas en un año son:

$$2,337\text{tCO}_2/\text{tep} \cdot 2,01\text{tep} = 4,69\text{tCO}_2$$

Las correlaciones utilizadas para llegar a esta conclusión son las siguientes:

1 GJ de gas natural equivale a 0,024 Toneladas de petróleo

1 Tonelada de petróleo equivale a 2,337 Toneladas de CO₂

Es decir, se evitan 4,69 toneladas de dióxido de carbono por año, luego, considerando una vida útil de la instalación de aproximadamente 25 años, estamos evitando emitir 117,35 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

La utilización de energía solar térmica en nuestra instalación evita que emitamos gran cantidad de CO₂ a la atmósfera, y, por tanto, contribuye a la limpieza del planeta.



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Por tanto, como conclusión al estudio ambiental, podemos acabar diciendo que la utilización de colectores solares para el aprovechamiento de la energía procedente del Sol aporta más beneficios que contras, ya que permite ahorrar una gran cantidad de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y por tanto contribuye a la “limpieza” del planeta en términos medioambientales.



CAPÍTULO 9

ESTUDIO ECONÓMICO



9.1 INVERSIÓN INICIAL

Un proyecto de ingeniería surge para satisfacer una necesidad. En este sentido el proyecto descrito en este documento cumple esta máxima en tres apartaos fundamentales:

- Lograr una autosuficiencia de los usuarios al evitar la dependencia de fuentes energéticas convencionales.
- Contribuir de manera notable a frenar los efectos derivados de la emisión de gases de efecto invernadero.
- Alcanzar un beneficio económico mediante el aprovechamiento de una energía que llega directa y gratuitamente al emplazamiento.

Este último aspecto es una de las partes más importantes, y en la que piensa la mayoría de las personas a la hora de plantear la instalación de paneles solares en sus viviendas.

Como vimos anteriormente, este tipo de instalaciones supone un ahorro energético considerable, pero ahora vamos a estudiar si también se produce un ahorro a nivel económico. Para ello, primero calcularemos los costes iniciales que suponen todos los elementos necesarios para el funcionamiento de la instalación, y posteriormente, veremos los períodos de amortización de la misma.

El coste inicial de todos los elementos del sistema se muestra en la siguiente tabla:

ELEMENTO	UNIDADES	COSTE UNIDAD (€)	COSTE TOTAL(€)
Captador IBERSOLAR OPS- V250	13	712,51	9262,63
Acumulador solar CERAMAPLAST (2000L)	1	4397,25	4397,25
Tuberías	247m	6,82€/m	1684,54
Vaso de expansión SALVADOR ESCODA (140L)	1	137	137
Bomba WILO STAR ST 25/6	1	530,61	530,61
Purgadores	9	13,55	121,95
Válvulas FERSOLAR	10	28,52	285,2
Intercambiador ALFA- LAVAL M3-FG	1	4356	4356
Acumulador IBERSOLAR (800L)	1	1050	1050
Caldera VIESSMANN VITOROND	1	3928,60	3928,60
Aislamiento Armaflex	247m	2,59€/m	639,73
Propilenglicol (20L)	1	122,70	122,70
Sistema de control	1	390	390
TOTAL			26906,23

TABLA 9.1. Cálculo del coste total de la instalación



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Por tanto, la inversión inicial necesaria para nuestra instalación solar asciende a la cantidad de 26906,23 €. A priori, parece una inversión alta, por lo que calculamos a continuación si es rentable o no hacer frente a esta inversión.

Como la Comunidad Valenciana ofrece unas subvenciones equivalentes a 270 €/m² de colectores solares que se instalen, supone que en nuestro caso, con un área de 29,9 m², disponemos de una subvención de 8073 €, lo que hace reducir la inversión inicial a la cantidad de 18833,23€.

Como vimos en el apartado anterior, nuestra instalación genera un ahorro de 2,01 Tn de petróleo al año, lo que supone un ahorro de 566,34 € anuales.

La energía solar útil aportada al año, como vimos anteriormente es de 83,694 GJ que son equivalentes a 23248,83 KWh_{calor}.

La tarifa de gas natural fijada por el Ministerio de Industria viene determinada en la siguiente tabla:

Tarifa	Intervalo consumo	Término fijo €/mes	Término variable €/kWh
T.1	Inferior o igual a 5.000 kWh/año	2,97	0,061290
T.2	Superior a 5.000 kWh/año e inferior a 50.000 kWh/año	6,64	0,052429
T.3	Superior a 50.000 kWh/año e inferior a 100.000 kWh/año	51,24	0,041504
T.4	Superior a 100.000 kWh/año	76,29	0,038398
Tarifas publicadas en el BOE nº 88 del 11 de abril de 2008, vigentes desde el 12 de abril de 2008, incorporando un 16% de IVA.			

TABLA 9.2. Precio del Gas Natural. (Fuente: Ministerio de Industria)

En el caso que nos ocupa tendremos una tarifa T.2 con:

- Término fijo: 6,64 €/KWh que es el importe correspondiente a la disponibilidad continua del servicio.
- Término variable: 0,052429 €/KWh que es el importe de consumido de Gas Natural durante el periodo de facturación.

A través del rendimiento de la caldera podemos pasar de KWh_{calor} a KWh_{GN} mediante la siguiente ecuación:

$$\eta_{caldera} = \frac{KWh_{calor}}{KWh_{GN}} = 0,95$$

Despejando los KWh_{GN} de la ecuación nos queda entonces:

$$KWh_{GN} = \frac{KWh_{calor}}{0,95} = 24471,93 KWh_{GN}$$

Por tanto, mirando la tarifa expresada en la tabla anterior, podemos observar que el ahorro experimentado es el siguiente:

$$Ahorro = (6,64 €/mes \cdot 12 meses) + (0,052429 €/KWh_{GN} \cdot 24471,93 KWh_{GN}) = 1362,72 €$$



9.2 PERÍODO DE AMORTIZACIÓN

Para el cálculo del valor actual neto (VAN) se utiliza la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i}$$

Siendo,

I_0 la inversión inicial

CF el flujo de caja (el ahorro de no consumir combustible)

K la tasa de descuento

Para hallar el número de años en los que se amortizará nuestra instalación debemos despejar el valor de n de la siguiente manera:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} \Rightarrow 0 = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF}{(1+k)^i}$$

$$\sum_{i=1}^n r^i = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+k)^i}$$

$$S = \sum_{i=1}^n r^i = r + r^2 + \dots + r^n$$

$$r \cdot S = r^2 + r^3 + \dots + r^{n+1}$$

De las dos ecuaciones anteriores se obtiene que:

$$r + \frac{I_0 \cdot (r-1)}{CF} = r^{n+1} \Rightarrow (n+1) \log r = \log \left(r + \frac{I_0 \cdot (r-1)}{CF} \right)$$

Por tanto, una vez conocida que la inversión inicial de nuestra instalación es de 18833,23 € procedemos al cálculo del período de amortización de la misma.

Por tanto, podemos calcular el período de amortización de la siguiente manera:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} \Rightarrow 0 = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF}{(1+k)^i}$$



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Siendo,

Costes de mantenimiento (1% de la inversión inicial)

Incremento en tanto por uno del precio del combustible (6,65%)

Tipo de interés (5,5%)

n= Número de años de estudio (25 años)

Con todos los datos ya conocidos resolvemos la ecuación anterior y obtenemos un periodo de amortización de la instalación de:

$$n = 13 \text{ años}$$

Por tanto, y para concluir con este estudio económico, si nuestros colectores solares tienen una vida útil de 25 años, y tardamos tan solo 13 años en conseguir la amortización de la instalación completa, se trata de un proyecto muy rentable.



CAPÍTULO 10

CONCLUSIONES



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Una vez realizado el estudio completo de la instalación de colectores solares para el suministro de agua caliente sanitaria para la ciudad de Valencia se procede con unas breves conclusiones:

- En este proyecto fin de carrera se ha realizado un estudio acerca de la instalación de captadores solares para el suministro de agua caliente sanitaria en la ciudad de Valencia.
- Se utilizaron dos métodos para el cálculo del número de captadores necesarios y fracción solar, método de F-CHART y aplicación del primer principio de la termodinámica, siendo este último el considerado como válido por ajustarse más a la realidad del problema planteado.
- Se pretende suministrar agua caliente sanitaria a 18 viviendas unifamiliares cuya demanda asciende a 1872 L/día.
- Se han utilizado 13 colectores solares para obtener una fracción solar media anual de 0,613 frente al 0,6 exigido por el CTE para la ciudad de Valencia.
- Se ha complementado la instalación solar con el suministro de gas natural para aquellos meses en los que las condiciones climatológicas impiden que nuestra instalación cubra la demanda necesaria de agua caliente sanitaria en nuestras viviendas.
- La instalación solar realizada evita la emisión de 4,69 Toneladas de CO₂ al año, ascendiendo esta cifra a 117,35 Toneladas para la vida útil de la misma que se estima en 25 años aproximadamente.
- El estudio económico realizado sobre la misma establece que en 13 años la inversión económica realizada para la instalación solar estará amortizada, luego el proyecto es rentable.
- Por tanto, concluiremos diciendo que el proyecto realizado cumple con las expectativas tanto económicas como ambientales, siendo el mismo una forma de impulsar las energías renovables sobre las convencionales ayudando así a evitar la contaminación del planeta.



BIBLIOGRAFÍA

- Código Técnico de la Edificación. (CTE)
- DTIE 1.01 (Preparación de agua caliente para usos sanitarios)
- Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE)
- Ordenanza Municipal del Ayuntamiento de Valencia
- Proyecto y cálculo de instalaciones solares Térmicas (Pilar Pereda Suquet)
- Apuntes Ingeniería Térmica (Departamento ing.Térmica UC3M)
- Apuntes Energías Renovables (IMF)
- Censolar (www.censolar.es)
- AEMET (www.aemet.es)
- IBERSOLAR (www.ibersolar.com)
- METEORED (www.meteored.com)
- Manual de integración de sistemas solares térmicos en la edificación (FERROLI)
- Apuntes curso uso racional de la energía y sostenibilidad (Departamento Ing. Térmica UC3M)
- Gas Natural (www.gasnatural.com)
- SALVADOR ESCODA (www.salvadorescoda.com)
- Ayuntamiento de Valencia (www.valencia.es)



ANEXOS



ANEXO 1 CATÁLOGO DE FABRICANTES



Fluido caloportador

TÉRMICA

ANTICONGELANTE

PROPILENGLICOL

TYFOCOR L PARA CAPTADOR PLANO

Anticongelante concentrado y anticorrosión para usar en el circuito primario de sistemas solares como fluido caloportador. Previene el ensuciamiento de las superficies asegurando una alta eficiencia térmica. Los inhibidores de corrosión que contiene Tyfocor L protegen los materiales metálicos usados en instalaciones solares contra la corrosión y los depósitos a lo largo del tiempo.

Tyfocor L es miscible con agua y dependiendo de la concentración, puede llegar a prevenir el congelamiento hasta los -50°C. Tyfocor L es un fluido no tóxico, inodoro e higroscópico. Basado en 1,2-propilenglicol, es una sustancia toxicológicamente inofensiva. Se trata de un fluido libre de nitrilos.

Presentación en volúmenes de 10 y 20 litros.



Modos de uso

- Dilución con al menos 25% v/v y no más de 75% v/v de agua.
- Mezcla con agua potable (100mg/kg Cl- max) o agua desmineralizada.
- Para prevenir la corrosión, es conveniente no sobrepasar el siguiente rango: 40-75% vol. Tyfocor L.
- Temperaturas superiores a 170°C provocan envejecimiento prematuro. Se recomienda que los vasos de expansión sean lo suficientemente grandes.

Tyfocor L adjunta una hoja de seguridad según directivas de la CEE 91/155/CEE y 2001/58/CEE.

REFERENCIA CAPACIDAD

01100200/101202	10 litros concentrado
01100200/101205	10 litros al 40%
01100200/101206	20 litros al 40%

PROPIEDADES TYFOCOR L CONCENTRADO

Aspecto	claro, líquido incoloro	
Punto de Ebullición	>150°C	ASTM D 1120
Punto de Solidificación	<-50°C	DIN ISO 3016
Densidad (20°C)	1.054-1.058g/cm ³	DIN 51757/ASTM D 4052
Viscosidad (20°C)	68-72mm ² /s	DIN 51562
Índice de refracción (20°C)	1.435-1.437	DIN 51423
Reserva de alcalinidad	10-13mL 0.1n HCl	ASTM D1121
pH concentrado	6.5-8.0	ASTM D 1287
pH diluido al 1:2 con agua destilada	7.5-8.5	ASTM D 1287
Contenido en agua	<4%v/v	ASTM D1123/ DIN 51777
Punto de Inflamación	>100°C	DIN 51758

PROPIEDADES TYFOCOR L AL 40 %

Índice de refracción al 40% (20°C)	1.3801	DIN 51423
Resistencia a las heladas al 40%	-21°C	DIN ISO 3016
Densidad al 40% (20°C)	1037g/cm ³	DIN 51757/ASTM D 4052



TÉRMICA

TYFOCOR LS PARA CAPTADOR DE TUBOS DE VACÍO

Tyfocor LS es un líquido transparente y de olor tenue compuesto por una solución acuosa al 42% de 1,2-propilenglicol toxicológicamente inofensiva. Mantiene limpias las superficies de transmisión térmica, garantizando así un rendimiento del sistema de energía solar elevado y uniforme. El producto contiene inhibidores de corrosión muy efectivos que aportan una protección duradera contra la corrosión, la degradación, la formación de depósitos en todos los metales y sus combinaciones así como también los materiales no metálicos usados comúnmente en calefacciones solares.

Presentación en volúmenes de 10 y 20 litros.



Modos de uso

- El producto no debe de ser mezclado con otros fluidos caloportadores ni con agua; se entrega listo para su uso en la instalación.
- Tyfocor LS no puede ser expuesto a temperaturas $>170^{\circ}\text{C}$ prolongadamente.
- Temperaturas $>200^{\circ}\text{C}$ provocan una lenta descomposición térmica, identificándose por el oscurecimiento del fluido.
- Temperaturas superiores a 170°C provocan envejecimiento prematuro. Se recomienda que los vasos de expansión sean lo suficientemente grandes.

Tyfocor LS adjunta una hoja de seguridad según directivas de la CEE 91/155/EEC y 2001/58/EEC.

REFERENCIA	CAPACIDAD
01100200/101203	10 litros al 42%
01100200/101204	20 litros al 42%

PROPIEDADES

Apariencia	Líquido transparente, rojo fluorescente	
Punto de ebullición	102-105°C	ASTM D 1120
Densidad (20°C)	1,032-1,035g/cm ³	ASTM D 1122
Viscosidad (20°C)	4,5-5,5mm ² /s	DIN 51 562
Índice de refracción nD20	1,380-1384	DIN 51 757
Reserva de alcalinidad	min. 20 ml 0,1 HCl	ASTM D 1121
pH (20°)	9,0-10,5	ASTM D 1287
Contenido en agua	55-58%v/v	DIN 51 777
Punto de inflamación	No es inflamable	DIN 51 376
Resistencia a las heladas	-28°C	ASTM D 1177

IBERSOLAR ENERGÍA, S.A.

Pol. Ind. Camí Ral - C/ Isaac Peral 13 Nave 9 - 08850 Gava (Barcelona)

Tel. (+34) 936 350 440 - Fax. (+34) 936 654 510 - info@ibersolar.com - www.ibersolar.com



TÉRMICA

CAPTADORES

IBERSOLAR

CAPTADOR PLANO VERTICAL SELECTIVO OPS-V250

El captador plano vertical OPS-V250 posee un absorbedor de aluminio con recubrimiento selectivo (Mirotherm) con tubos verticales de cobre en disposición de parrilla, unidos al absorbedor con soldadura láser. Se ofrece con un área de 2.50 m² de superficie. Están disponibles para sistemas de circulación natural y forzada.



Información Técnica de Producto

- Material del absorbedor: láminas de aluminio y tubo de cobre.
- Tratamiento de la superficie del absorbedor: selectivo (Mirotherm).
- Material de sellado: EPDM y silicona.
- Material de la carcasa (marco y cubierta trasera): aluminio.
- Material de aislamiento: lana de roca de 40 kg/m², con espesor de 40 mm.
- Garantía: 10 años.

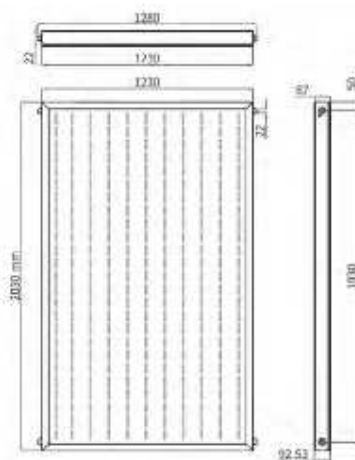
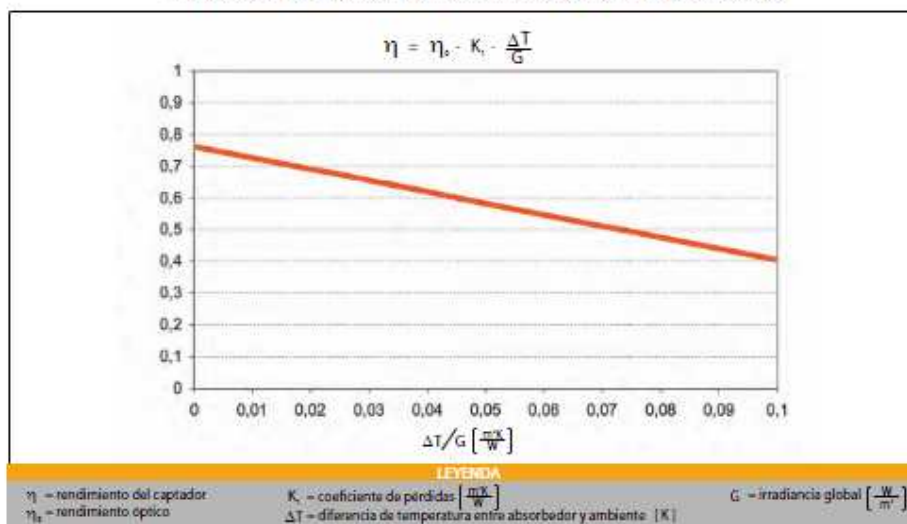
REFERENCIA		01010110/100405
Modelo		OPS-V250
Captador	Unidades	Valores
Dimensiones (Ancho x Alto x Profundo)	mm	1230 x 2030 x 92,5
Área bruta	m ²	2,50
Área de apertura	m ²	2,30
Número de cubiertas		1
Espesor de la cubierta	mm	4
Material de la cubierta		Vidrio templado de bajo contenido en hierro
Tubos verticales		11 tubos de cobre
Diámetro de los tubos verticales	mm	8
Separación entre tubos	mm	100
Tubos horizontales		2 tubos de cobre
Diámetro de los tubos horizontales	mm	22
Construcción tipo		Parrilla
Peso en vacío	kg	50,00
Peso en funcionamiento	kg	52,77
Material de la carcasa		Aluminio lacado negro
Absorbedor		
Tratamiento del absorbedor		Mirotherm
Rendimiento óptico	%	74,5
Coefficiente de pérdidas k_1	W/m ² K	3,556
Coefficiente de pérdidas k_2	W/m ² K ²	0,017
Aislamiento		Lana de Roca
Espesor aislamiento lateral y posterior	mm	25 / 40
Hidráulica		
Volumen fluido caloportador	litros	1,64
Fluido Caloportador		Propilenglicol
Presión de trabajo	bar	10
Presión de prueba	bar	16
Caudal recomendado	l/hm ²	50
Conexiones de tubo liso	mm	22
Temperatura de estancamiento *	°C	193
GPS		GPS-8240

* Radiación a 1000 W/m²



TÉRMICA

CURVA DE RENDIMIENTO DEL CAPTADOR PLANO VERTICAL SELECTIVO OPS-V250



REFERENCIAS DE ESTRUCTURAS PARA CAPTADOR PLANO VERTICAL OPS-V250

	1 Captador	2 Captadores	3 Captadores	4 Captadores
ALUMINIO				
Inclinación:				
0° c/anclaje	01080110/103790	01080110/103791	01080110/103823	01080110/103825
0° salvateja	01080110/103794	01080110/103795	01080110/103829	01080110/103831
35, 45, 50° c/ anclaje	01080210/103798	01080210/103800	01080210/103834	01080210/103836
Racor de Unión		01090600/101241		
Tapón		01090600/101349		



Vaso de expansión



SALVADOR ESCODA S.A.

Rossello, 430-432
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 456 90 32
08025 BARCELONA

**Catálogo
Técnico**

04 VASOS DE EXPANSIÓN CON MEMBRANA RECAMBIABLE PARA CALENTADORES DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Los vasos de expansión se destinan a las instalaciones de transferencia de agua potable fría y caliente. Permiten la absorción del aumento del volumen que es consecuencia del calentamiento del agua, evitando el incremento de la presión. A medida que se va expansionando el agua, ésta penetra en el vaso, comprimiendo el colchón de aire y aumentando su presión hasta el valor determinado en el cálculo, de acuerdo con el volumen del vaso seleccionado, en función de la capacidad del calentador, temperatura y presiones determinadas. Cuando el agua va enfriándose, el aire cautivo se expande, empujando el agua para que retorne al calentador mientras la instalación va recobrando la presión original.

VENTAJAS QUE APORTA

- Economiza las calorías.
- Economiza el agua.
- Alivia el grupo de seguridad (prácticamente no se producen fugas de agua por goteo).
- Control unitario de la presión en fábrica.
- Reduce el consumo de energía eléctrica.
- **EVITA EL GOLPE DE ARIETE:**
Al cerrar bruscamente las griferías monomando, se producen golpes de ariete dentro de la instalación, que pueden provocar presiones instantáneas de 50 a 80 bar, lo que ocasiona ruidos dentro de las tuberías y una importante fatiga mecánica en diversos componentes de la instalación. Estos inconvenientes son evitados mediante la instalación de un vaso de expansión.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Dos fondos en acero.
- Tapa y manguito de acero inoxidable.
- Membrana calidad alimentaria recambiable (el agua se aloja dentro de la membrana).
- Revestimiento exterior pintura blanca polvo EPOXI secado al horno.
- Válvula co obús para el presurizado del vaso.
- Protección de la válvula con tapón de polipropileno.
- Se entrega con precarga de 3 bar.
- Presión máxima de utilización de 10 bar.
- Temperatura máx. de funcionamiento -10°C/ +100°C.
- Marca CE según la Directiva 97/23/CE.

INSTRUCCIONES DE MONTAJE

Presión máxima de utilización 10 bar grupo de seguridad obligatorio.

1. Obligatoriamente el vaso se instala sobre una tubería de entrada de agua fría, situándolo entre el grupo de seguridad y el productor de agua caliente.
2. No debe existir ningún mecanismo de cierre entre el vaso de expansión y el productor de agua caliente.
3. El vaso debe situarse de manera que su orificio esté situado en la parte superior a fin de facilitar la purga al descender la temperatura del aparato.



Los vasos de expansión pueden montarse con válvula de aislamiento para poder ajustar la presión de aire o reemplazarlo sin necesidad de vaciar la instalación

ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE UN VASO



PUESTA EN SERVICIO

1. Controlar la presión de llegada de agua fría. Si ésta es superior a 3 bar, colocar un reductor de presión.
2. Ajustar la presión de hinchado del vaso a la presión de llegada (presión de la red): presión de llegada + 0,1. Ejemplo: si la presión de llegada es de 2,5 bar se deberá ajustar a 2,5 + 0,1 = 2,6 bar.

ACCESORIOS CALEFACCIÓN


SALVADOR ESCODA S.A.

 Rossello, 430-432
 Tel. 93 446 27 80
 Fax 93 456 90 32
 08025 BARCELONA

**Catálogo
Técnico**
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DIMENSIONES

Código	Tipo	Capacidad lts.	Presión máx. trabajo bar	Dimensiones aproximadas		Conexión de agua Ø	Presión precarga bar	Dimensiones del embalaje mm
				D (mm)	H (mm)			
AC 04 041	5 AMR-B	5	10	200	245	3/4"	3	200x200x245
AC 04 042	8 AMR-B	8	10	200	345	3/4"	3	200x200x345
AC 04 043	11 AMR-B	11	10	270	320	3/4"	3	270x270x320
AC 04 044	18 AMR-B	18	10	270	420	3/4"	3	270x270x420
AC 04 045	25 AMR-E-B	24	8	350	410	1"	3	350x350x415

TABLA DE ELECCIÓN SEGÚN LAS CAPACIDADES NORMALIZADAS DE LOS CALENTADORES

Capacidad del calentador Lts.	Número de vasos	Aumento de la temperatura 60°	Número de vasos	Aumento de la temperatura 70°	Número de vasos	Aumento de la temperatura 80°
50	1	5 AMR-B	1	5 AMR-B	1	5 AMR-B
75	1	5 AMR-B	1	5 AMR-B	1	5 AMR-B
100	1	5 AMR-B	1	5 AMR-B	1	8 AMR-B
150	1	5 AMR-B	1	8 AMR-B	1	11 AMR-B
200	1	8 AMR-B	1	11 AMR-B	1	11 AMR-B
300	1	11 AMR-B	1	25 AMR-B	1	18 AMR-B
500	1	24 AMR-E-B	1	24 AMR-E-B		

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL VASO DE EXPANSIÓN

Vu = Volumen de agua dilatada.

Va = Contenido del acumulador de agua caliente.

Vn = Coeficiente de dilatación en función de la temperatura media: 40° = 0,0079,
50° = 0,0121, 60° = 0,0171,
70° = 0,0228, 80° = 0,0296

n = Factor de presión.

Alta = bar + 1.

Vt = Volumen total del vaso de expansión.

FÓRMULAS

Fórmula 1: $Vu = Va \times Vn$

Fórmula 2: $n = \frac{\text{Presión final Alta} - \text{Presión de la red Alta}}{\text{Presión final alta}}$

Fórmula 3: $Vt = \frac{Vu}{n}$

Nota: los vasos tienen una precarga en fábrica de 3 bar. Antes de instalar el vaso es necesario ajustarlo a la presión deseada. En el caso de que la presión de red sea superior a 3 bar, es preciso reducir la presión de red a 3 bar mediante un reductor.

EJEMPLO DE CÁLCULO

Calentador de 500 Lts.

Temperatura media = 70°C; Presión del agua de la red = 3 bar; Presión de tarado de la válvula de seguridad = 7 bar.

Fórmula 1: Volumen de agua dilatada = $500 \times 0,0228 = 11,4$ Lts.

Fórmula 2: Factor de presión = $\frac{(7+1)-(3+1)}{(7+1)} = \frac{8-4}{8} = 0,50$

Fórmula 3: Volumen total del vaso de expansión = $\frac{11,4}{0,5} = 22,8$ Lts.

Se debe elegir un volumen de vaso igual o inmediatamente superior al resultado. En este ejemplo correspondería el modelo 24 litros AMR-E-B

ACCESORIOS CALEFACCIÓN



Intercambiador de calor

Sheet2

ALFA 90 S.L.

Entre Ríos 9
(Urb. El Sabelo)
Telf: 928 476 600
Fax: 928476601
35006-Las Palmas
alfa90@alfa90.com
N. I. F. B -35 27 5205



AIRE ACONDICIONADO, CALEFACCIÓN, ENERGÍA SOLAR, HIDROPRESIÓN, CONTRAINCENDIOS, TRATAMIENTO DE AGUAS, PISCINAS, SAUNAS

INTERCAMBIADOR DE CALOR ALFA LAVAL

MERCADO DE CANARIAS

LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE PLACAS CON JUNTAS DE ALFA LAVAL SON LA SOLUCIÓN MÁS RENTABLE A SU ALCANCE PARA SUS NECESIDADES DE CALEFACCIÓN DE CONFORT Y DE REFRIGERACIÓN, NUESTROS INTERCAMBIADORES UTILIZAN MATERIALES DE EFICACIA PROBADA CAPACES DE OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO Y REDUCIR LOS COSTES DE EXPLOTACIÓN.

PARA EL CALCULO DE UN INTERCAMBIADOR MODELO **M3** O **M6M** CONFECCIONAREMOS UN BASTIDOR MAS EL NUMERO DE PLACAS/JUNTAS OBTENIDAS EN LA MEDICION.

TARIFA

INTERCAMBIADOR MODELO M3

-PLACA + JUNTA
-BASTIDOR

25,00 €
550,00 €

INTERCAMBIADOR MODELO M6M

-PLACA + JUNTA
-BASTIDOR

60,00 €
1.166,00 €





M3

Intercambiador de calor de placas

Aplicaciones

Servicios generales de calefacción y refrigeración.
Calentamiento con vapor.

Diseño estándar

El intercambiador de calor de placas consiste en un paquete de placas de metal corrugadas con tomas para el paso de los dos fluidos entre los que se realiza el intercambio de calor.

El conjunto de placas está montado entre una placa bastidor fija y otra de presión desmontable, y se mantiene apretado mediante pernos. Las placas incorporan juntas que sellan la periferia y dirigen los fluidos por canales alternos. El número de placas depende del caudal, propiedades físicas de los fluidos, pérdida de carga y programa de temperaturas. La corrugación de las placas favorece la turbulencia del fluido y contribuye a que las placas resistan la presión diferencial.

Las placas de intercambio térmico y placa de presión están suspendidas en una barra guía superior y se apoyan en una barra guía inferior. Ambas barras están fijas a una columna de soporte.

Las conexiones están siempre situadas en la placa fija del bastidor a menos que uno o ambos fluidos requieran más de un paso, en cuyo caso también se sitúan en la placa de presión móvil.

Capacidades típicas

Caudal de líquido

Hasta 4 kg/s, dependiendo del fluido, de la pérdida de carga permitida y del programa de temperaturas.

Calentamiento de agua con vapor

50 a 250 kW

Tipos de placa

M3 y M3-X, en donde M3 tiene circulación en paralelo y M3-X en diagonal (ver las figuras de la página siguiente).
M3D, placas de doble pared.

Tipos de bastidor

FM, FG y FGL



M3-FM

ALFA 90 S.L.
TEL. 928 476 600



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Principio de funcionamiento

Entre las placas del intercambiador de calor se forman canales y los orificios de las esquinas están dispuestos de manera que los dos líquidos circulen por canales alternos. El calor se transfiere por la placa entre los canales. Para incrementar la eficiencia al máximo se genera un flujo en contracorriente. La corrugación de las placas provoca un flujo en torbellino que aumenta la eficiencia de intercambio térmico y protege la placa contra la presión diferencial.

Materiales estándar

Placa bastidor

Acero al carbono pintado con epoxi

Boquillas

Acero inoxidable AISI 316, titanio

Placas

Acero inoxidable AISI 316 o titanio

Juntas

M3 Nitro, EPDM, HeatSeal F™

M3X Nitro, EPDM, Viton®

M3D Nitro, EPDM

Conexiones

Rosca en tubo recto ISO-R 1 1/4"

Rosca en tubo recto ISO-G 1/4"

Características técnicas

Presión de diseño (g) / temperatura

FM 1,0 MPa / 180°C

FG 1,6 MPa / 180°C

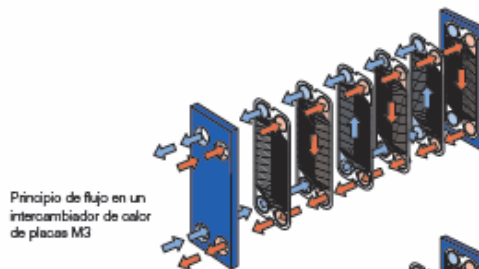
FGL 1,0 MPa / 130°C

Superficie máxima de intercambio

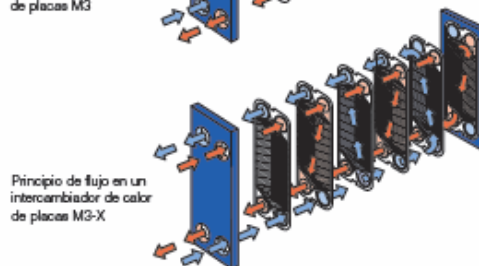
3,9 m² (40 sq. ft)

Información necesaria para oferta

- Caudales o potencia
- Programa de temperaturas
- Propiedades físicas de los líquidos en cuestión (si no son agua)
- Presión de trabajo deseada
- Pérdida de carga máxima permitida
- Presión de vapor disponible

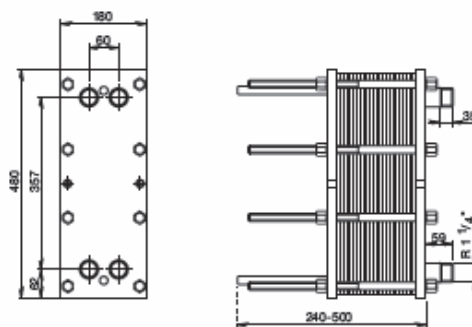


Principio de flujo en un intercambiador de calor de placas M3



Principio de flujo en un intercambiador de calor de placas M3-X

Dimensiones



Medidas (mm)

El número de pernos puede variar dependiendo de la presión de diseño.

EPM00030ES 0302

Nos reservamos todos los derechos a introducir cambios en las especificaciones

Cómo ponerse en contacto con Alfa Laval

La información para ponerse en contacto con cada uno de los países se actualiza constantemente en nuestra página web. Visite www.alfalaval.com para acceder a esta información.

ALFA 90 S.L.
TEL. 928 476 600



M6

Intercambiador de calor de placas

Aplicaciones

Servicios generales de calefacción y refrigeración.
Calentamiento por vapor.

Diseño estándar

El intercambiador de calor de placas consta de un conjunto de placas metálicas corrugadas, con orificios para permitir el paso de los dos fluidos entre los que se realiza la transferencia de calor.

El conjunto de placas está montado entre una placa bastidor fija y otra de presión desmontable, y se mantiene apretado mediante pernos. Las placas incorporan juntas que sellan la periferia y dirigen los fluidos por canales alternos. El número de placas depende del caudal, propiedades físicas de los fluidos, pérdida de carga máxima permitida y programa de temperaturas. La corrugación de las placas favorece la turbulencia del fluido y contribuye a que las placas resistan la presión diferencial.

Las placas de intercambio térmico y placa de presión están suspendidas en una barra guía superior y se apoyan en una barra guía inferior. Ambas barras están fijas a una columna de soporte.

Las conexiones están siempre situadas en la placa fija del bastidor a menos que uno o ambos fluidos requieran más de un paso, en cuyo caso también se sitúan en la placa de presión móvil.

Capacidades típicas

Caudal de líquido

Hasta 16 kg/s, dependiendo del fluido, de la pérdida de carga permitida y del programa de temperaturas.

Calentamiento de agua con vapor

300 a 800 kW

Tipos de placa

M6, M6M y M6MD

Tipos de bastidor

FM, FG, FD y FML



M6-FG

ALFA 90 S.L.
TEL. 928 476 600



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Principio de funcionamiento

Entre las placas del intercambiador de calor se forman canales y los orificios de las esquinas están dispuestos de manera que los dos líquidos circulen por canales alternos. El calor se transfiere por la placa entre los canales. Para incrementar la eficiencia al máximo se crea un flujo en contracorriente. La corrugación de las placas provoca un flujo en torbellino que aumenta la eficiencia de intercambio térmico y las protege contra la presión diferencial.

Materiales estándar

Placa bastidor

Acero al carbono pintado epoxi

Boquillas

Bride:

Acero al carbono

Revestimiento: acero inoxidable, goma, titanio

Tubo:

Acero inoxidable, acero al carbono

Placas

Acero inoxidable AISI 316 / AISI 304

Titanio (sólo M6M)

Juntas

M6 Nitro, EPDM, HeatSeal F™

M6M Nitro, EPDM, HeatSeal F™, HNBR, Viton®G

Conexiones

Conexiones de los tubos:

Rosca ISO-G2 (no en bastidor tipo
-FD) Recta para soldar (no
en bastidor tipo -FD)

Con bridas:

FM DN60 DIN 2501 PN10 o ANSI 150
FG DN60 DIN 2501 PN16 o ANSI 150
FD DN60 DIN 2501 PN25 o ANSI 150/ANSI 300

Características técnicas

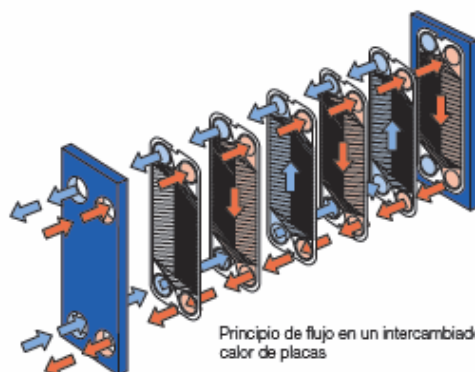
Presión de diseño (g) / temperatura

FML 1,0 MPa / 130°C
FM 1,0 MPa / 180°C
FG 1,6 MPa / 180°C *)
FD 2,5 MPa / 180°C
FD ASME 300 psig / 320°F

*) El bastidor FG está también aprobado para 1,2 MPa / 200°C a fin de permitir su uso en sistemas de vapor sin válvulas de seguridad.

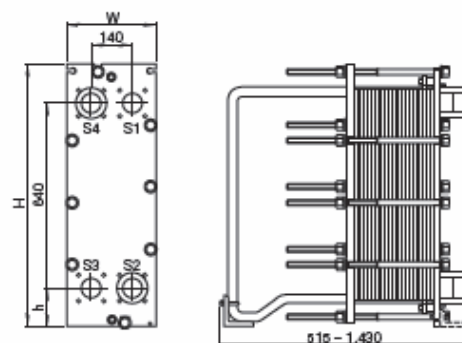
Máxima superficie de intercambio

38 m² (410 sq. ft)



Principio de flujo en un intercambiador de calor de placas

Dimensiones



Medidas (mm)

Tipo	H	W	h
M6-FML/FGL	920	320	140
M6-FM	920	320	140
M6-FG	920	320	140
M6-FD	940	330	150

El número de pernos puede variar dependiendo de la presión de diseño.

Información necesaria para ofertar

- Caudales o potencia
- Programa de temperaturas
- Propiedades físicas de los líquidos en cuestión (si no son agua)
- Presión de trabajo deseada
- Pérdida de carga máxima permitida
- Presión de vapor disponible

EPM00031ES 0302

Nos reservamos todos los derechos a introducir cambios en las especificaciones

Cómo ponerse en contacto con Alfa Laval

La información para ponerse en contacto con cada uno de los países se actualiza constantemente en nuestra página web. Visite www.alfalaval.com para acceder a esta información.

ALFA 90 S.L.
TEL. 928 476 600



M10

Intercambiador de calor de placas

Aplicaciones

Servicios generales de calefacción y refrigeración.
Calentamiento por vapor.

Diseño estándar

El intercambiador de calor de placas consiste en un paquete de placas de metal corrugadas con tomas para el paso de los dos fluidos entre los que se realiza el intercambio de calor.

El conjunto de placas está montado entre una placa bastidor fija y otra de presión desmontable, y se mantiene apretado mediante pernos. Las placas incorporan juntas que sellan la periferia y dirigen los fluidos por canales alternos. El número de placas depende del caudal, propiedades físicas de los fluidos, pérdida de carga y programa de temperaturas. La corrugación de las placas favorece la turbulencia del fluido y contribuye a que las placas resistan la presión diferencial.

La placa de intercambio térmico y placa de presión están suspendidas en una barra guía superior y se apoyan en una barra guía inferior. Ambas barras están fijadas a una columna de soporte.

Las conexiones están siempre situadas en la placa fija del bastidor a menos que uno o ambos fluidos requieran más de un paso, en cuyo caso también se sitúan en la placa de presión móvil.

Capacidades típicas

Caudal de líquido

Hasta 50 kg/s, dependiendo de los fluidos, de la pérdida de carga permitida y del programa de temperaturas.

Calentamiento de agua con vapor

0,7 a 3,0 MW

Tipos de placa

M10B, M10M y M10MD

Tipos de bastidor

FM, FG y FD



M10-BFG

ALFA 90 S.L.
TEL. 928 476 600



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Principio de funcionamiento

Entre las placas del intercambiador de calor se forman canales y los orificios de las esquinas están dispuestos de manera que los dos líquidos circulen por canales alternos. El calor se transfiere por la placa entre los canales. Para incrementar la eficiencia al máximo se crea un flujo en contracorriente. La corrugación de las placas provoca un flujo en torbellino que aumenta la eficiencia de intercambio térmico y las protege contra la presión diferencial.

Materiales estándar

Placa bastidor

Acero al carbono pintado epoxi

Boquillas

Acero al carbono

Revestimiento: acero inoxidable, goma, titanio

Placas

Acero inoxidable AISI 316/AISI 304, titanio, Alloy 20/18/6

Juntas

M10B Nitrilo, EPDM

M10M Nitrilo, EPDM, HeatSeal F™, HNBR, EPDMF, Viton®G

Conexiones

FM - DN100 DIN 2501 PN10 o ANSI 150

FG - DN100 DIN 2501 PN16 o ANSI 150

FD - DN100 DIN 2501 PN25 o ANSI 150

FD - DN100 DIN 2501 PN25 o ANSI 300 (ASME)

Características técnicas

Presión de diseño (g) / temperatura

FM 1,0 MPa / 180°C

FG 1,6 MPa / 180°C *)

FG ASME 150 psig / 350°F

FD 2,5 MPa / 180°C

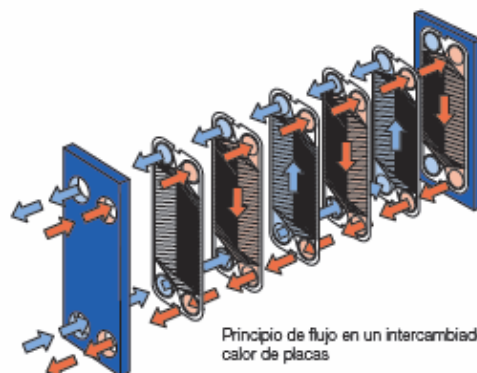
FD ASME 300 psig / 320°F

*) El bastidor FG está también aprobado para 1,2 MPa / 200°C a fin de permitir su uso en sistemas de vapor sin válvulas de seguridad.

Superficie máxima de intercambio

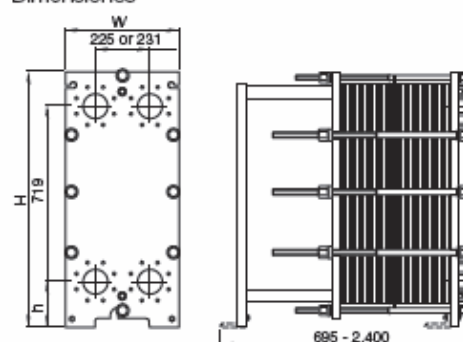
M10B 90 m² (970 sq. ft)

M10M 60 m² (650 sq. ft)



Principio de flujo en un intercambiador de calor de placas

Dimensiones



Medidas (mm)

Tipo	H	W	h
M10-FM	1.084	470	215
M10-FG	1.084	470	215
M10-FD	981	470	131
M10-FD ASME	1.084	470	215

El número de pernos de apriete puede variar dependiendo de la presión de diseño.

Información necesaria para ofertar

- Caudales o potencia
- Programa de temperaturas
- Propiedades físicas de los líquidos en cuestión (si no son agua)
- Presión de trabajo deseada
- Pérdida de carga máxima permitida
- Presión de vapor disponible

EPM00032ES 0302

Nos reservamos todos los derechos a introducir cambios en las especificaciones

Cómo ponerse en contacto con Alfa Laval

La información para ponerse en contacto con cada uno de los países se actualiza constantemente en nuestra página web. Visite www.alfalaval.com para acceder a esta información.

ALFA 90 S.L.
TEL. 928 476 600

**Bombas de circulación**

TÉRMICA

BOMBAS SIMPLES

BOMBA SIMPLE PARA CIRCUITO PRIMARIO

Bombas simples para circuito primario y sistemas con depósito de inercia en instalaciones solares térmicas. Se disponen de diferentes modelos según las necesidades de la instalación solar.

STAR ST



- STAR ST: Carcasa de fundición gris con protección de cataforesis, rodete de polipropileno reforzado con fibra de vidrio y eje de acero inoxidable con cojinetes de grafito.

Referencia	Modelo
01070210/101249	WILO STAR ST 25/4
01070210/101250	WILO STAR ST 25/6
01070210/101251	WILO STAR ST 25/7
01070210/101248	WILO STAR ST 20/9
01070210/101247	WILO STAR ST 20/11

TOP-S



- TOP-S: Carcasa de fundición gris, rodete de material sintético reforzado con fibra de vidrio y eje de acero al cromo con cojinetes de carbono.

Referencia	Modelo
01070210/101254	WILO TOP-S 30/10
01070210/101255	WILO TOP-S 40/15
01070210/101253	WILO TOP-S 50/10

IPL



- IPL: Construcción compacta con motor trifásico directamente acoplado y eje prolongado bomba-motor (ejecución estándar) o con motor normalizado con eje partido fijamente acoplado (ejecución N). Cierre mecánico con refrigeración forzada e independiente del sentido de giro y rodete especial que reduce la cavitación. Bridas con conexiones R 1/8 para la medición de la presión. Carcasa de la bomba con protección de cataforesis.

Referencia	Modelo
01070210/101244	WILO IPL 32/160-1.1/2

STRATOS



- STRATOS: Bomba electrónica de alta eficiencia, con carcasa de fundición gris, protección de cataforesis, rodete de material sintético reforzado con fibra de vidrio y eje de acero al cromo con cojinetes de carbón.

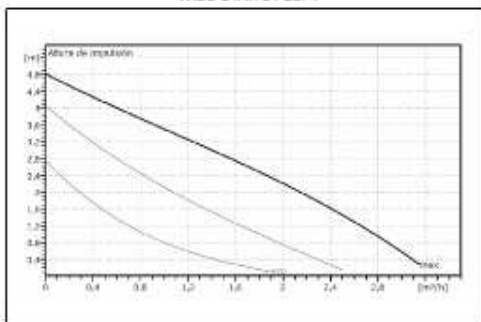
Referencia	Modelo
01070210/101992	WILO STRATOS 25/1-6
01070210/102029	WILO STRATOS 25/1-8
01070210/102030	WILO STRATOS 30/1-8
01070210/101245	WILO STRATOS 30/1-12
01070210/101246	WILO STRATOS 40/1-12



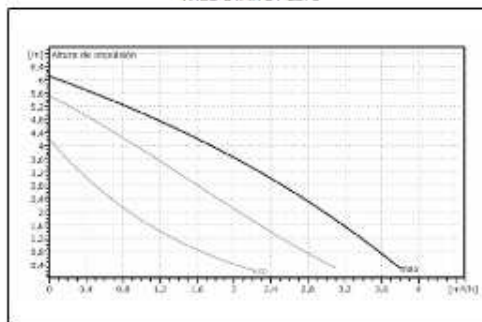
TÉRMICA

CURVAS DE RENDIMIENTO BOMBAS SIMPLES PARA CIRCUITO PRIMARIO

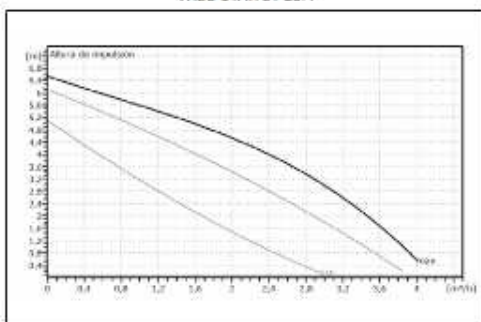
WILO STAR ST 25/4



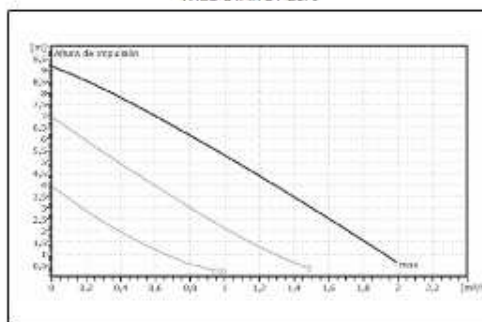
WILO STAR ST 25/6



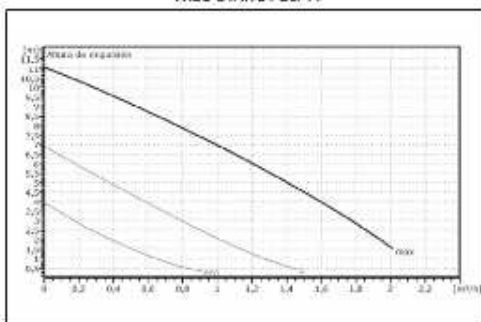
WILO STAR ST 25/7



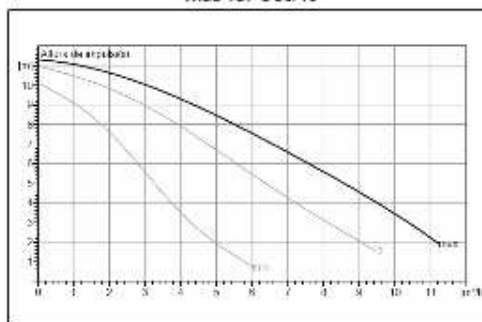
WILO STAR ST 20/9



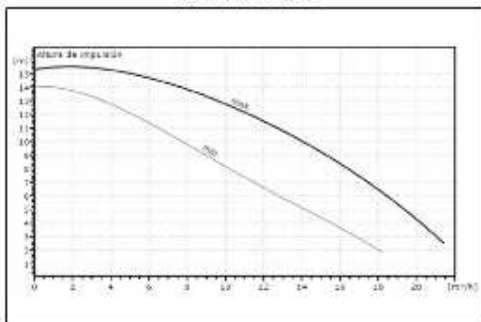
WILO STAR ST 20/11



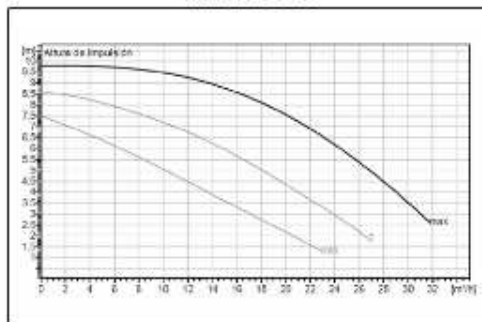
WILO TOP-S 30/10



WILO TOP-S 40/15



WILO TOP-S 50/10

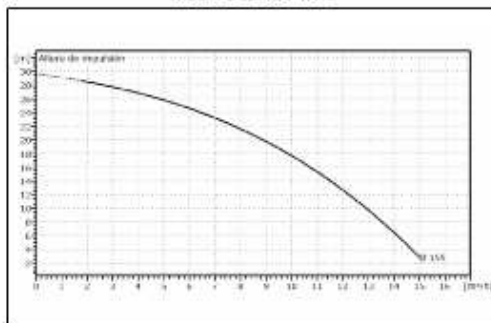




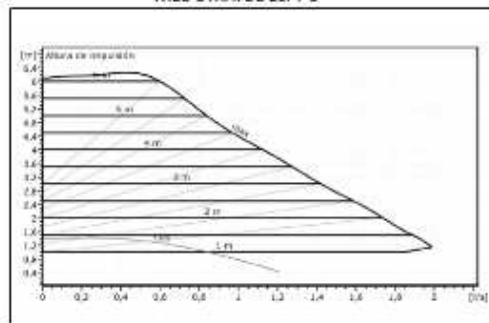
TÉRMICA

CURVAS DE RENDIMIENTO BOMBAS SIMPLES PARA CIRCUITO PRIMARIO

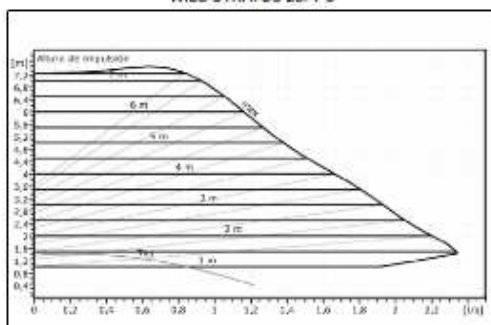
WILO IPL 32/160-1.1/2



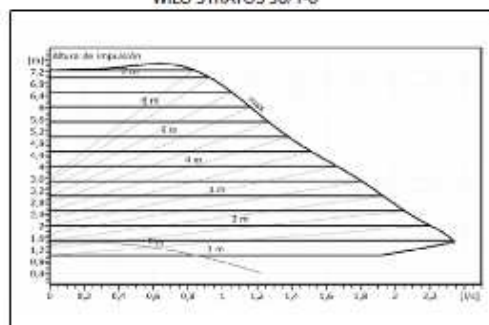
WILO STRATOS 25/1-6



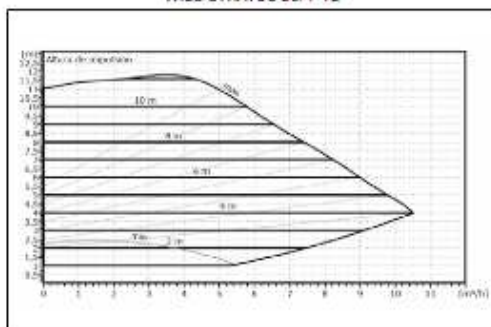
WILO STRATOS 25/1-8



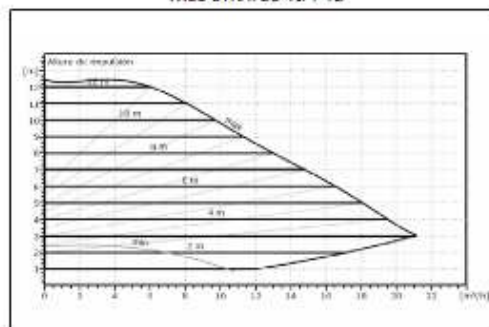
WILO STRATOS 30/1-8



WILO STRATOS 30/1-12



WILO STRATOS 40/1-12





TÉRMICA

ACCESORIOS

Racor de unión bombas para circuito primario o inercia



Referencia	Descripción	Bombas	
01090600/102031	Racor unión WILO FG R ^{1/2"} X G1"	01070210/101248	WILO STAR ST 20/9
		01070210/101247	WILO STAR ST 20/11
01090600/102032	Racor unión WILO FG R1" X G1 ^{1/2"}	01070210/101249	WILO STAR ST 25/4
		01070210/101251	WILO STAR ST 25/7
		01070210/101992	WILO STRATOS 25/1-6
		01070210/102029	WILO STRATOS 25/1-8
01090600/102040	Racor unión WILO FG R1 ^{1/4"} X G2"	01070210/101254	WILO TOP-S 30/10
		01070210/102030	WILO STRATOS 30/1-8
		01070210/101245	WILO STRATOS 30/1-12

Módulo IF para bombas de alta eficiencia electrónicas



Referencia	Descripción
01070400/101991	Módulo IF STRATOS



Acumulador Solar

TÉRMICA

ACUMULADORES

IBERSOLAR

ACUMULADOR VERTICAL VITRIFICADO DE ACS SOLAR CON DOBLE SERPENTIN FIJO

Los acumuladores de agua caliente sanitaria (ACS) de doble serpentín fijo son apropiados para viviendas existentes y en los cuales la tipología de la caldera es de producción no instantánea. Se ofrecen en volúmenes de 300, 500, 800 y 1000 litros, en disposición vertical.



Información Técnica de Producto

- Tratamiento interno vitrificado con esmalado inorgánico para agua potable, según normativa DIN 4753.3, presión máxima de 8 bar y 95°C de temperatura.
- Acumulador con sistema de protección catódica con ánodo de magnesio.
- El intercambiador es de tipo serpentín fijo, presión de trabajo de 12 bar y 95°C de temperatura.
- Aislamiento realizado con poliuretano rígido de alta densidad en 3ª clase de resistencia al fuego.
- Acabado externo en sky, embellecedores y tapas en plástico.
- Accesorios opcionales:
 - Ánodo electrónico a corriente impresa.
 - Resistencia eléctrica.
 - Termómetro.
 - Termostato.

REFERENCIA		01040240/101000	01040240/101001	01040240/101002	01040240/101003
Volumen	litros	300	500	800	1000
Temperatura máxima de operación	°C	95	95	95	95
Presión máxima de operación	bar	8	8	8	8
Presión máxima de operación intercambiador	bar	12	12	12	12
Diámetro exterior con aislamiento	mm	650	750	960	960
Altura total	mm	1485	1760	1810	2040
Espesor aislante	mm	50	50	70	70
Peso	kg	93	131	186	218
Superficie intercambiadores primario/apoyo	m ²	1,5 / 1	2,1 / 1,2	2,7 / 1,5	3,0 / 1,9

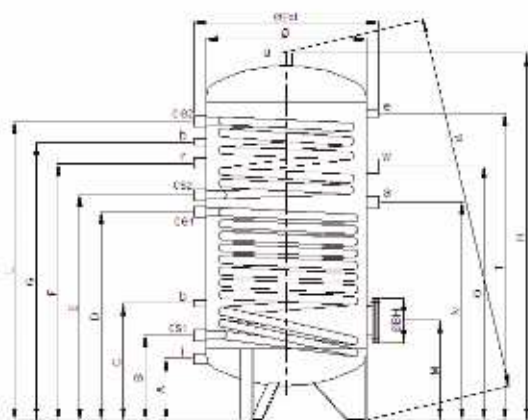
www.ibersolar.com

TE013



TÉRMICA

DIMENSIONES (mm)	300 l	500 l	800 l	1000 l
Φ	550	650	790	790
H	1485	1760	1810	2040
Φ Ext.	650	750	960	960
A	240	250	200	200
B	355	365	310	310
C	485	495	440	410
D	805	960	905	1055
E	915	1130	1075	1180
F	1005	1245	1190	1420
G	1095	1355	1280	1535
L	1225	1485	1430	1685
M	410	420	360	360
N	860	1045	990	1120
O	1050	1310	1280	1535
R	1520	1800	1870	2090
T	1255	1515	1460	1700
Φ BH	180	180	480	480
a	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
b,e	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
ce1, ce2, cs1, cs2, r	1"	1"	1"	1"
i	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"
u	1 1/2"	2"	2"	2"
w	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
Serp. Inferior m²	1,5	2,1	2,7	3,0
Serp. Inferior m²	1	1,2	1,5	1,9



LEYENDA

a	Ánodo de magnesio - ánodo electrónico
b	Termostato / Sensor de temperatura
ce1/ce2	Entrada serpentines
cs1/cs2	Salida serpentines
e	Termómetro
i	Entrada de agua fría
p	Entrada auxiliar
u	Salida de agua caliente
r	Recirculación
w	Entrada resistencia

IBERSOLAR ENERGÍA, S.A.

PoL Ind. Camí Raf. C/ Isaac Peral 13 Nave 9 - 08850 Gavà (Barcelona)

Tel. (+34) 936 350 440 - Fax. (+34) 936 634 510 - info@ibersolar.com - www.ibersolar.com



Caldera



Viessmann, Caldera gasoil calefacción y agua caliente sanitaria, Vivienda hasta 330 m² y tres baños con acumulador incorporado de 160 l, potencia térmica de 36 Kw, incluido quemador Vitoflame 100, dimensiones 1350 mm (longitud) 665mm (anchura) 1590mm (altura), peso 332 kg con aislamiento térmico y quemador. Conexión salida de humos 130mm.

El equipo de calefacción económico y compacto

La Vitorond 111 es una unidad compacta que cuenta con un completo sistema de tuberías y está compuesta de una caldera de fundición de baja temperatura a gasóleo Vitorond 100 y un interacumulador de A.C.S. de 130 a 160 litros de capacidad (según la potencia de caldera).

El sistema JetFlow distribuye el agua fría de retorno de la calefacción de tal modo que en la caldera no quedan zonas frías y se hace imposible la formación de condensados. Así, la temperatura de caldera se mantiene por encima del punto de rocío incluso en las zonas críticas. Ocupa menos de 0,6 m² y de altura no llega a los 1,60 m, incluyendo la regulación.

El quemador a gasóleo Vitoflame 100, junto con el nuevo conducto de humos con salida superior, ofrece nuevas posibilidades de emplazamiento en la casa.

Gracias a los nuevos dispositivos auxiliares de transporte y al suministro en módulos, la instalación puede realizarse sin problema incluso en condiciones adversas.

Ventajas:

Caldera de fundición de baja temperatura a gasóleo de 18 a 36 kW con interacumulador de A.C.S. integrado (130 litros de capacidad para las de 18 kW; 160 litros a partir de 22 kW)

Rendimiento estacional:

89 % (Hs) / 94,5 % (Hi)

Medidas compactas:

22 kW: 1205 x 665 x 1590 mm

(longitud x ancho x altura, altura incluida la regulación)



INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA SUMINISTRO DE ACS EN VALENCIA

Económica y poco contaminante gracias al descenso progresivo de la temperatura de caldera al aumentar la temperatura exterior
Superficie de transmisión Eutectoplex para una elevada fiabilidad y una larga vida útil.

Funcionamiento silencioso gracias a la cubierta de quemador de superficie grande de nuevo diseño

Posibilidad de funcionamiento estanco

Sin formación de condensados ni aparición de fisuras por tensión gracias al sistema Jetflow

Equipable individualmente con la amplia gama de accesorios de Viessmann

PVP: 3.928,60* €



Aislante tuberías



Aislamiento armaflex K-FLEX EC

COQUILLA LONGITUD 2 M. (ESPESOR NOMINAL 6 MM.)

Tubería de Cobre Ø Ext. Pulgadas	Tubería de Hierro Pulgadas	REFERENCIA	CÓDIGO	EUROS m/L.
6	1/4	EC6 X 06	1010000606	0,45
10	3/8	EC6 X 10	1010001016	0,48
12	1/2	EC6 X 12	1010001206	0,60
15	5/8	EC6 X 15	1010001506	0,69
18	3/4	EC6 X 18	1010001806	0,77
22	7/8	EC6 X 22	1010002206	0,89
28	1 1/8	EC6 X 28	1010002806	1,13



COQUILLA LONGITUD 2 M. (ESPESOR NOMINAL 9 MM.)

Tubería de Cobre Ø Ext. Pulgadas	Tubería de Hierro Pulgadas	REFERENCIA	CÓDIGO	EUROS m/L.
6	1/4	EC9 X 06	1010000690	0,66
10	3/8	EC9 X 10	1010001090	0,72
12	1/2	EC9 X 12	1010001290	0,78
15	5/8	EC9 X 15	1010001590	0,83
18	3/4	EC9 X 18	1010001890	0,93
22	7/8	EC9 X 22	1010002290	1,05
28	1 1/8	EC9 X 28	1010002890	1,32
35	1 3/8	EC9 X 35	1010003590	1,58
42	1 5/8	EC9 X 42	1010004290	2,00
-	-	EC9 X 48	1010004890	2,31
54	2 1/8	EC9 X 54	1010005490	2,73
60	-	EC9 X 60	1010006090	3,08
64	2 5/8	EC9 X 64	1010006490	3,33
76,1	-	EC9 X 76	1010007690	3,98
88,9	3 1/2	EC9 X 89	1010008990	4,64
-	-	-	-	-
114	-	EC9 X 114	1010011490	7,26
-	-	EC9 X 140	1010014090	9,23



COQUILLA LONGITUD 2 M. (ESPESOR NOMINAL 19 MM.)

Tubería de Cobre Ø Ext. Pulgadas	Tubería de Hierro Pulgadas	REFERENCIA	CÓDIGO	EUROS m/L.
6	1/4	EC19 X 06	1010000919	2,16
10	3/8	EC19 X 10	1010001019	2,42
12	1/2	EC19 X 12	1010001219	2,42
15	5/8	EC19 X 15	1010001519	2,59
18	3/4	EC19 X 18	1010001819	2,94
22	7/8	EC19 X 22	1010002219	3,18
28	1 1/8	EC19 X 28	1010002819	3,82
35	1 3/8	EC19 X 35	1010003519	4,44
42	1 5/8	EC19 X 42	1010004219	5,14
-	-	EC19 X 48	1010004819	5,86
54	2 1/8	EC19 X 54	1010005419	6,51
60	-	EC19 X 60	1010006019	7,18
64	2 5/8	EC19 X 64	1010006419	7,59
76,1	-	EC19 X 76	1010007619	8,80
88,9	3 1/2	EC19 X 89	1010008919	10,08
-	-	EC19 X 102	1010010219	14,13
114	-	EC19 X 114	1010011419	15,65
-	-	EC19 X 140	1010014019	18,04





Aislamiento K-FLEX

COQUILLA FLEXIBLE EN ROLLOS ECH (ESPESOR NOMINAL 6 MM.)

Tubería de Cobre Ø Ext. Pulgadas	Tubería de Hierro Pulgadas	Referencia	Código	Contenido caja Mtrs./l	Euro m/l.	Euro caja
6	1/4	-	6 x06 ECH	90	0,33	30,00
10	3/8	1/8	6 x10 ECH	70	0,42	30,00
12	1/2	-	6 x12 ECH	60	0,50	30,00
15	5/8	1/4	6 x15 ECH	57	0,52	30,00
18	3/4	3/8	6 x18 ECH	45	0,75	30,00
22	7/8	1/2	6 x22 ECH	35	0,85	30,00
26	1 1/8	3/4	6 x26 ECH	30	1,00	30,00

COQUILLA FLEXIBLE EN ROLLOS ECH (ESPESOR NOMINAL 9 MM.)

Tubería de Cobre Ø Ext. Pulgadas	Tubería de Hierro Pulgadas	Referencia	Código	Contenido caja Mtrs./l	Euro m/l.	Euro caja
6	1/4	-	9 x06 ECH	60	0,50	30,00
10	3/8	1/8	9 x10 ECH	51	0,59	30,00
12	1/2	-	9 x12 ECH	50	0,60	30,00
15	5/8	1/4	9 x15 ECH	41	0,73	30,00
18	3/4	3/8	9 x18 ECH	35	0,85	30,00
22	7/8	1/2	9 x22 ECH	29	1,04	30,00
26	1 1/8	3/4	9 x26 ECH	21	1,25	30,00

COQUILLA FLEXIBLE ST EN ROLLOS (ESPESOR NOMINAL 6 MM.)

Tubería de Cobre Ø Ext. Pulgadas	Tubería de Hierro Pulgadas	Referencia	Código	Contenido caja Mtrs./l	Euro m/l.	Euro caja
6	1/4	-	6 ST 06	50	0,70	35,00
10	3/8	1/8	6 ST 10	46	0,76	35,00
12	1/2	-	6 ST 12	40	0,87	35,00
15	5/8	1/4	6 ST 15	38	0,92	35,00
18	3/4	3/8	6 ST 18	30	1,16	35,00
22	7/8	1/2	6 ST 22	23	1,52	35,00
26	1 1/8	3/4	6 ST 26	20	1,75	35,00

CINTA K-FLEX (ESPESOR NOMINAL 3 MM.)

Anchura	Longitud	Rollos/caja	Código de barras	Código	Euro
50 mm.	15 m.	12 rollos	8027409101475		16,41
75 mm.	15 m.	8 rollos	8027409291800		22,27
100 mm.	15 m.	6 rollos	8027409118091		29,78
50 mm.	10 m.	24 rollos	8027409111368		10,97
100 mm.	10 m.	12 rollos	8027409101024		20,40

CINTA DE ALUMINIO / CINTA PVC ADHESIVA

Anchura	Longitud	Rollos/caja	Código	Euro
50 mm.	50 m.	Cinta adhesiva de aluminio liso		16,41
75 mm.	50 m.	Cinta adhesiva de aluminio liso		22,27
100 mm.	50 m.	Cinta adhesiva de aluminio liso		29,78
25 mm.	25 m.	Cinta adhesiva de PVC (Gris)		3,92
25 mm.	25 m.	Cinta adhesiva de PVC (Negro)		3,92
38 mm.	25 m.	Cinta adhesiva de PVC (Gris)		6,05
38 mm.	25 m.	Cinta adhesiva de PVC (Negro)		6,05
50 mm.	25 m.	Cinta adhesiva de PVC (Gris)		7,72
50 mm.	25 m.	Cinta adhesiva de PVC (Negro)		7,72




Purgadores

01/04/09

Energía Solar Térmica

ESTR


Grupos hidráulicos y accesorios


Descripción	Referencia	Precio €
Válvula motorizada 2V Válvulas de corte de 2 vías para regulación todo - nada (abierto - cerrado) en instalaciones solares, de calefacción y de agua fría. Diseñadas para instalaciones solares (llegan a soportar puntas de temperatura de 120°C). €/ud		
Válvula motorizada 2V - 3/4" Kvs 5,3	6020700288	134,00
Válvula motorizada 2V - 1" Kvs 6	6020700287	147,00
Válvula diversora motorizada 3V Válvulas diversoras de 3 vías para regulación todo - nada en instalaciones solares, de calefacción y de agua fría. Diseñadas para instalaciones solares (llegan a soportar puntas de temperatura de 120°C). €/ud		
Válvula diversora motorizada 3V - 3/4" Kvs 7	6020700290	137,00
Válvula diversora motorizada 3V - 1" Kvs 7,7	6020700289	150,00
Purgador solar Purgador automático de aire para instalaciones solares. Cuerpo en latón. Cromado. Conexión 3/8" M. Max. Presión de trabajo: 10 bar. Max. Presión de descarga: 5 bar Rango de temperaturas de trabajo: -30°C a 200°C. €/ud		
Purgador solar	6020400111	35,70
Válvula de corte para purgador Válvula de corte para purgador automático. Conexión 3/8" M - 3/8" H. Presión máxima de servicio: 10 bar Rango de temperaturas de trabajo: -30°C a 200°C. €/ud		
Válvula de corte para purgador	6020400128	20,90
Válvula de seguridad Cuerpo en latón. Conexiones hembra - hembra. Cromado. Conexión 1/2" H x 3/4" H. Rango de temperaturas de trabajo: -30°C a 160°C. €/ud		
Válvula de seguridad 3 bar	6020400126	27,80
Válvula de seguridad 6 bar	6020400127	27,80
Válvula de seguridad 8 bar	6040200117	29,80
Válvula de seguridad 10 bar	6020400129	31,80
Válvula mezcladora BM para ACS Para regular manualmente la temperatura de ACS entre 35°C y 55°C. Con racores de unión para soldar tubería de cobre de 22 mm. €/ud		
Válvula mezcladora BM	6020600164	87,00
Flexible inox unión captador 1000 Flexible inoxidable aislado de 1000 mm. de longitud para la unión del captador o grupo de captadores al circuito primario. Conexión mediante racord loco y junta plana de 1/2". €/ud		
Flexible inox unión captador 1000	6020100004	36,10
Flexible inox unión captador 300 Flexible inoxidable aislado de 300 mm. de longitud para la unión entre captadores. Conexión mediante racord loco y junta plana de 1/2". €/ud		
Flexible inox unión captador 300	6020100001	17,80





Válvula de seguridad



SALVADOR ESCODA S.A.

Provença, 392 pl. 1 y 2
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 456 90 32
08025 BARCELONA

**CATÁLOGO
TÉCNICO**

11 VÁLVULAS DE SEGURIDAD REGULABLES

- ✓ Válvulas de seguridad de asiento plano y muelle directo
- ✓ La presión de disparo se regula a través del tornillo de regulación, quedando fijada mediante la contratuerca de apriete

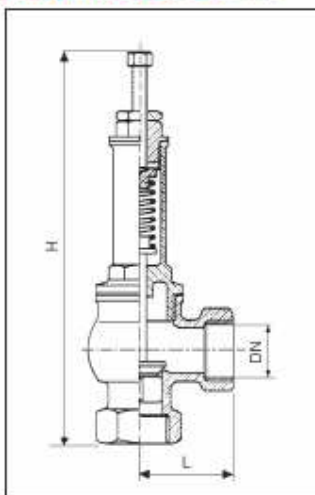
CONSTRUCCIÓN

- **Cuerpo:** latón OT-58 - UNI 2012
- **Campana:** latón OT-58 - UNI 2012
- **Obturador:** PTFE (teflón)
- **Muelle:** acero tratado.
- **Tornillo de regulación y contratuerca:** latón.

CONDICIONES DE TRABAJO

- **Presión nominal:** 16 bar
- **Campo de regulación:** 2 a 8 bar
- **Temperatura máxima:** 150° C

DIMENSIONES EN mm



Código	Rosca (DN)	H	L	Ø Orificio
AA 11 121	3/8"	116	45	10
AA 11 122	1/2"	126	45	13
AA 11 123	3/4"	145	56	19
AA 11 124	1"	157	63	25
AA 11 125	1 1/4"	189	78	31,5
AA 11 126	1 1/2"	210	87	38
AA 11 127	2"	224	92	48,3

VALVULERÍA AGUA, AIRE Y VAPOR



ANEXO 2

PLANOS



FACHADA PRINCIPAL CONJUNTO



FACHADA POSTERIOR CONJUNTO



